

ION HOLBAN

PE SERPENTINELE FIZICII





Societatea Limba Noastră cea Română

Ediția I a lucrării (Chișinău, «Cartea moldovenească», 1986)
a fost recenzată și recomandată spre publicare
de *I. Ia. Andronic*,
candidat în științe fizico-matematice.

Autorul exprimă cele mai calde mulțumiri
academicienilor *D. V. Ghițu, V. A. Moscalenco*,
candidaților în științe fizico-matematice
I. Ia. Andronic, V. F. Harabagiu, Gr. E. Dohotaru,
V. Gh. Canțer, M. I. Onu, A. H. Rotaru, A. T. Trițan
și asistentului *Ș. D. Tiron*,
care au citit cartea în manuscris
și au făcut o serie de observații critice
și propuneri prețioase.

La pregătirea ediției de față de neprețuit
au fost observațiile și sugestiile
profesorului *Alexandru Glodeanu* de la
Institutul de Fizică Atomică
din București și a candidatului în științe
fizico-matematice *Serghei Văcaru*
de la Institutul de Fizică Aplicată din Chișinău,
cărora autorul le este adînc recunoscător.

H 1604010000—34
M755(10)—92 216—92

© Cartea moldovenească, 1986
© I. Holban, 1992
© Prezentare grafică:
M. Brunea,
1992

ISBN 5-376-01500-9

CUVÎNT INTRODUCTIV

De la începutul apariției sale ca ființă umană, omul s-a interesat de lumea în care trăiește. Fenomenele din natură le găsim tălmăcite în cele mai vechi mituri și legende. Lucrările gînditorilor din antichitate, ajunse pînă la noi, dovedesc că anticii se interesau de tot și de toate, de unde vin și unde merg. Mai mult decît atît, în căutarea unor răspunsuri la aceste întrebări, ei nu mergeau orbește prin labirintul necunoscutului, ci se conduceau de anumite principii, ca de exemplu, principiul de unitate și simetrie al naturii, care sînt și astăzi «indicatoare rutiere» sigure pentru fizicienii aflați la avanposturile științei. Dar știința antică, pe culmile căreia se afla învățătura lui Aristotel, avea prea mari pretenții — să explice toate fenomenele de la început pînă la sfîrșit. În epoca Renașterii fizicienii au renunțat de la această cale a cunoașterii — s-a trecut la studierea în profunzime a fenomenelor aparte. Întrebările de ordin general au cedat locul celor de ordin particular. De atunci și pînă astăzi fizica se ramifică în noi și noi domenii. Metodele de studiu devin din ce în ce mai fundamentale, ceea ce permite o pătrundere tot mai adîncă în esența lucrurilor, găsirea unor legi mai generale, cărora li se supun fenomenele naturii.

Studierea mai profundă a proprietăților luminii i-a condus pe fizicieni la conceptul dual de undă-corpusul. Lumina «a vărsat lumină» și asupra noțiunilor de spațiu și de timp, sintetizate de teoria relativității în conceptul unic de spațiu-timp. Acceleratoarele de particule, care au la baza principiului lor de funcționare conceptul de undă-corpusul, au deschis uși noi spre alte lumi, la început a atomului, apoi a nucleului, în cele din urmă a particulelor elementare — o lume bizară, dar unitară și simetrică.

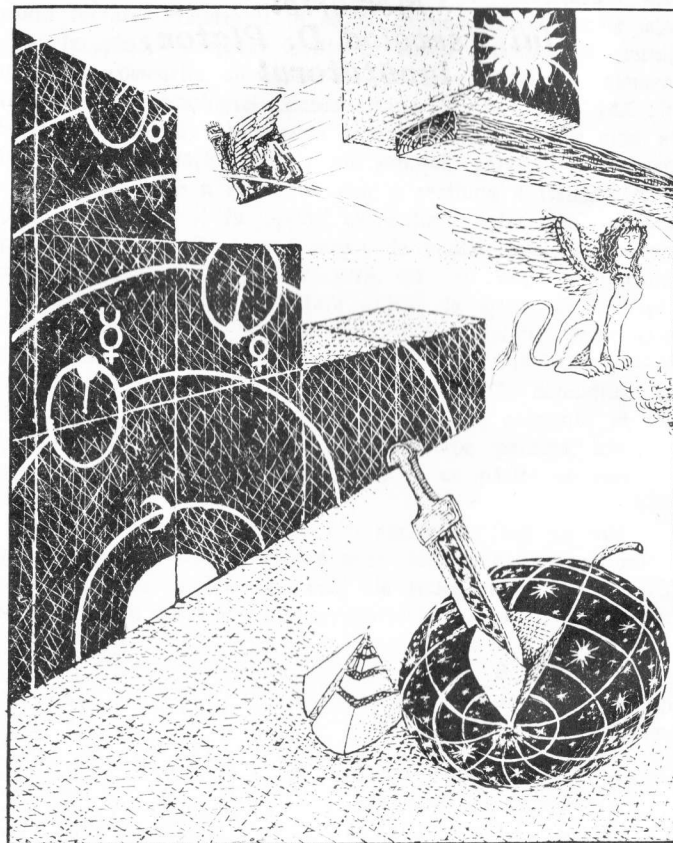
Succesele astronomiei și ale fizicii particulelor elementare, au permis științei să se apropie de «sfînta sfintelor» — întrebarea despre originea și evoluția Universului. Concepțiile noastre despre lume se modifică zi de zi, evoluează în permanență. Se stabilesc noi și nebănuite legături între diverse fenomene sau structuri ale materiei, cum ar fi, bunăoară, legătura lăuntrică dintre lumea microcosmică și cea macrocosmică.

Despre toate aceste lucruri vine să ne povestească prezenta lucrare. Materialul în ea se expune în succesiune istorică: începând cu «șesul fertil» al fizicii raționale și terminând cu «piscurile abrupte» ale fizicii particulelor elementare și ale cosmologiei contemporane. Această cale (de altfel foarte dificilă) i-a permis autorului să dezvăluie cum au fost stabilite relațiile adânci ale omului, părțică a naturii, cu cealaltă parte a lumii, să dea o secțiune a fizicii atât în plan istoric, cât și în planul evidențierii celor mai actuale probleme ale ei. Din acest punct de vedere prezenta lucrare este originală atât după structură, cât și după materialul inclus în ea, conține o tratare unică, de ansamblu, asupra lumii, specificând, în același timp, multe detalii însemnate. Densitatea materialului factologic este maximă. Comparațiile calitative folosite de autor vin să aducă la cunoștința cititorului legăturile principale și neașteptate existente în natură, iar biografiile savanților, expuse pe parcurs, sînt repere sigure de orientare pentru cel ce «a pășit» pe «serpentinele» fizicii.

Sperăm că cei care vor citi cartea de față nu vor regreta, iar după lectura ei vor avea dorință să-și aprofundeze cunoștințele în diverse domenii ale fizicii. Deci, dragi cititori, vă dorim drum bun «Pe serpentinele fizicii».

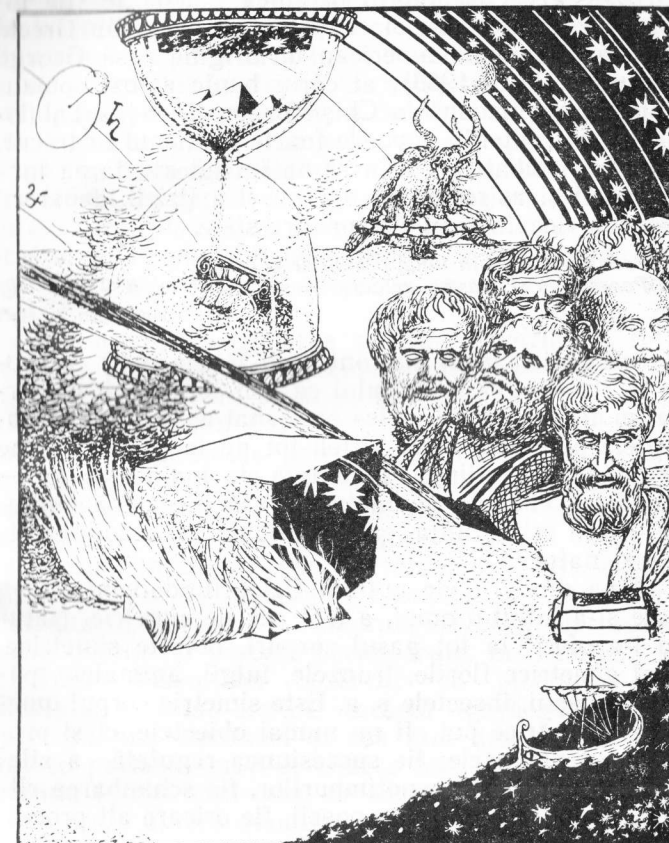
V. A. Moscalenco,
academician al Academiei de Științe
din Moldova

Memoriei lui Vsevolod D. Platon, învățătorul



1

ZORII
FIZICII



*...este evident
că și în ceea ce privește
știința naturii
trebuie să determinăm
mai întâi tot ceea ce se referă
la principii.*

ARISTOTEL

Este greu de stabilit originea fizicii. Se știe totuși, că începuturile ei ca știință se trag din Grecia Antică. Fizicianul american de origine rusă George Gamow (1904—1968), al cărui bunic a fost comandant de garnizoană la Chișinău, susținea că babilonienii și egiptenii, popoare foarte avansate în trecut, au adus o contribuție însemnată la dezvoltarea matematicii și astronomiei, dar nu și a fizicii, deoarece zeii lor «locuiau» în cer, printre stele.

*Beduini ce stau în lună, o minune o privesc,
Povestindu-și basme mîndre mestecate numa-n stele.*

«Memento mori»*

Grecii antici, însă, au contribuit foarte mult la evoluția fizicii, grație faptului că zeii lor trăiau pe vârful muntelui Olimp, adică erau mai aproape de problemele pămîntesti. De altfel, tot de la greci provine și denumirea științei, inventată de înaintașul lor — Aristotel. «Fizica» în limba greacă înseamnă natură, fizica este știința, care se ocupă cu studierea legilor naturii.

Una din primele noțiuni fizice fundamentale, pe care și-a intuit-o omul, a fost cea de simetrie. Natura i-a oferit la tot pasul corpuri, obiecte simetrice. Sînt simetrice florile, frunzele, fulgii, animalele, păsările, peștii, insectele ș. a. Este simetric corpul omnesc. Simetrice pot fi nu numai obiectele, ci și procesele, fenomenele: fie succesiunea regulată a zilelor și a nopților, a anotimpurilor, fie schimbarea ritmică a unei melodii sau poezii, fie oricare alt proces, repetat periodic.

Simetria este într-un fel legată de ordine, desăvîrșire, frumusețe, armonie și contrapusă dezordinii, haosului.

Termenul «simetrie» este tot de origine greacă și înseamnă proporționalitate, potrivire, corespundere. Însă definiția noțiunii de simetrie este cu mult mai complicată. Mai simplu se poate spune că simetric este acel obiect sau proces, care poate fi schimbat

* Aici și pe parcursul întregii lucrări sînt citate versurile poetului Mihai Eminescu.

într-un fel, dar ca rezultat obținem același lucru, de la care am pornit. Cu alte cuvinte, noțiunea de simetrie presupune invarianța (neschimbarea) obiectului, procesului în raport cu anumite schimbări. De exemplu, apariția regulată a Soarelui dimineața pește intervale egale de timp. Un alt exemplu: litera H. Dacă jumătate din litera H o reflectăm într-o oglindă, atunci imaginea din oglindă întru totul coincide cu cealaltă jumătate a literei. Fiecare dintre părțile acestei litere poate fi considerată ca o imagine în oglindă a celeilalte. În acest caz se vorbește de simetria de reflexie.

Și piramidele egiptene posedă simetrie de reflexie. O piramidă va coincide cu ea însăși, dacă va fi reflectată într-un plan, ce taie piramida în două părți egale; există patru asemenea plane. În afară de aceasta, piramida patrulateră mai posedă și simetrie de rotație. O piramidă regulată totdeauna coincide cu ea însăși la rotirea cu 90° în jurul axei verticale, ce trece prin vârful ei.

Ideea simetriei a servit totdeauna fizicienilor drept călăuză la elaborarea teoriilor și ipotezelor. Pătrunzînd în esența simetriei, savanții au prezis multe lucruri și procese necunoscute, nebanuite.

Anticii deseori au observat că picăturile de ploaie au o formă sferică. Această figură geometrică este cea mai simetrică și cea mai desăvîrșită. Ori din ce parte ai privi-o, silueta unei sfere are totdeauna forma unui cerc, de aceea ei considerau că sfera are o natură dumnezeiască.

Că Luna și Soarele au forma unei sfere, nu era greu de demonstrat. Mai dificilă era problema cu Pămîntul, deoarece el nu putea fi privit dintr-o parte. Pitagora (c. 584—c. 497 î. e. n.) și ucenicii săi ajung, totuși, la concluzia că și Terra are o formă sferică, concluzie trasă pe baza unor observații îndelungate. Călătorind mult, ei știau bine că dacă te deplasezi spre sud sau spre nord, totdeauna deasupra orizontului din față apar treptat noi și noi stele, iar după cel din spate dispar treptat stelele, de parcă bolta cerului s-ar roti. De asemenea ei știau că o corabie la orizont dispare treptat (indiferent în care parte a orizontului se vede ea), lucru care poa-

te fi explicat numai dacă se admite că suprafața mării are formă sferică. În timpul eclipselor de Lună, pe care pitagoricienii le interpretau corect, ca fiind datorate căderii pe Lună a umbrei Pământului, aflat între ea și Soare, ei au observat că marginea umbrei are o formă circulară. Și această formă e aceeași de fiecare dată, fie că eclipsa are loc la miezul nopții, dimineața ori seara. Anume din aceste observații pitagoricienii au conchis că Pământul are forma nu a unei turte cum se credea până atunci, ci a unei sfere. (Aceasta a fost prima mare problemă cosmologică rezolvată de oameni.) Ei vorbeau chiar și de antipozi — oamenii din partea diametral opusă a Pământului — care s-ar afla față de dinșii cu capul în jos. (O, de ce Pământul nu-i străveziu să-i vedem?)

Pitagora mai atribuia o origine dumnezeiască și cifrelor. Orice fenomen, orice proces din lume, — susținea el, — poate fi explicat cu ajutorul cifrelor. Și invers, orice cifră ascunde în sine o taină a naturii

*Precum Atlas în vechime sprijinea cerul pe umăr,
Așa el sprijină lumea și veciia într-un număr.*

«Scrisoarea I»

Atribuind numărului 10 o proprietate magică, savantul era convins că el reflectă structura Universului: în Univers trebuie să existe 10 corpuri cerești. Dat fiind că anticii cunoșteau numai 8 corpuri: Pământul, Soarele, Luna și 5 planete, învățatul s-a văzut nevoit să admită existența a încă două corpuri cerești. Un foc central, situat în centrul lumii, «ceva mai jos de Pământ», din care cauză nu se vede, și un «Antipământ», tot invizibil. Dat fiind faptul că sfera este cea mai simetrică figură geometrică, Pitagora a amplasat corpurile cerești pe sfere concentrice în jurul focului central.

Ceva mai înainte savantul stabilise o legătură între tonurile pe care le reproduc coardele instrumentelor muzicale (lirei) și lungimile lor.

*Și tu liră, care-n cald avint din șapte
Coarde suna-vei.*

«Către Mercur»

Două coarde identice produc tonuri armonice, plăcute la auz, dacă lungimile lor formează raporturi simple: 2/1 (octava), 3/2 (cvinta), 4/3 (cvarta) etc., și neplăcute, dacă formează raporturi complicate (de exemplu, 171/137). Pitagora a stabilit că frecvența oscilațiilor — numărul de vibrații pe secundă — a unei coarde este invers proporțională cu lungimea ei.

Era, deci, natural pentru marele matematician grec să admită că distanțele dintre sferele cerești și focul central formează raporturi numerice simple: 2/1, 3/2, 4/3 ș. a. m. d. Din această «teorie» a lui Pitagora reieșea că în mișcarea lor de rotație sferele cerești produc sunete muzicale — «dulcea muzică a sferelor» — auzită de slujitorii cultului.

*Muzica sferelor: Seraphi adoară
Inima lumilor ce-o încongioară,
Dictind în cîntece de fericire
Stelelor tactul lor să le inspire.*

«Ondina»

Aristotel (c. 384—322 î. e. n.) consideră învățătura lui Pitagora despre Univers frumoasă, poetică, dar ... naivă.

Principiile esteticului sînt atestate în fizică la fiecare pas, dar atunci cînd ele nu se bazează pe date factologice, pot duce la lucruri bizare, asemănătoare modelului de Univers sus-amintit. Structura Universului nu este dictată de legile geometriei, ci de existența materiei în mișcare, și mișcarea nu poate fi decît în spațiu și în timp.

Lumea materială, materia în mișcare există într-o infinitate de forme — Soarele și stelele, pământul și stîncile, marea și riurile, lumea animală și cea vegetală. În ultimă instanță, și noi înșine sîntem particule ale acestei lumi materiale.

Grecii antici, care se interesau de tot și de toate, și-au pus întrebarea: există oare o măsură a materiei? Nu caracteristici ce fac ca obiectele să se deosebească unul de altul, cum este, bunăoară, culoarea, forma, fragilitatea, dar ceva ce să fie comun

tuturor obiectelor. O măsură unică pentru toate obiectele, care să permită a compara o piatră cu un copac, un bob de grâu cu aerul din atmosferă, Luna cu marea ș. a. m. d.

Să-mi deie-un măr, în care închisă e o lume.

«Codru și salon»

Legenda glăsuiește că pe la un amurg de Soare marele filosof grec Democrit (c. 460—c. 370 î. e. n.) se afla pe litoralul mării și mânca mere. Marea verzuie, cerul albastru și țărnuțul roșu l-au predispus la meditații:

— Dacă ași tăia acest măr în două, ași obține o jumătate din el, dacă ași tăia și jumătatea în două, ași obține o pătrime, dacă ași continua și mai departe să divizez bucățica de măr, interesant — pînă cînd ași putea face acest lucru?

Prin raționament el ajunge la concluzia că există o limită a acestor divizări, peste care nu se mai poate trece, și a numit această ultimă părțică — atom (adică indivizibil).

*Cum Dumnezeu cuprinde cu viața lui cerească
Lumi, stele, timp și spațiu ș-atomul nevădit.*

«Povestea magului călător în stele»

Opera lui Democrit n-a ajuns pînă-n zilele noastre, dar multe dintre elementele învățăturii lui au fost reproduse de cei mai mari filosofi antici, în mare parte de Aristotel.

«Începutul Universului, — spunea Democrit, — atomi și spațiu gol. O infinitate de lumi și toate au un început și un sfîrșit în timp. Nimic nu apare din neant și nimic nu dispăre în neant. Atomii, mulți la număr și mărime, gonesc prin Univers, dînd naștere la tot ce-i compus: focul, apa, aerul, pămîntul. Ultimele nu sînt altceva, decît o combinație din atomi».

Învățătura lui Democrit era mai profundă, mai rafinată decît cea a predecesorilor săi, conținînd în același timp și multe elemente noi.

Universul, — susținea filosoful, — este infinit și nu are un centru al său. Lumi ca a noastră există o mulțime. Aceste lumi, ca orice corp din natură, se nasc, se dezvoltă și, în cele din urmă, pier. Nimic din ceea ce există nu poate să dispară fără urme. În principiu, aceasta era legea conservării materiei.

*Din sînul vecinului ieri
Trăiește azi ce moare,
Un soare de s-ar stinge-n cer
S-aprînde iarăși soare.*

«Luceafărul»

În Univers nu există altceva decît atomi și spațiu gol. Atomii — o infinitate la număr, veșnici și neschimbători, fără structură lăuntrică — se deosebesc ca mărime și formă. Epicur (341—270 î. e. n.) a adăugat mai tîrziu — și ca masă. Varietatea obiectelor înconjurătoare se datorește anume deosebiriilor dintre atomi și felului cum sînt ei distribuiți unul față de altul (ca în cazul apei și al gheții, care constau din același fel de atomi). Poetul și filosoful roman Lucrețiu (c. 99—55 î. e. n.) considera că atomii indivizibili și invizibili se mișcă asemenea firisoarelor de praf din aer, privite la lumina razelor solare.

*Prin mreaja vie și tremurătoare a fereștii pătrundeau
razele soarelui ce impleau semîntunericul chiliei cu
dungi de lumină în cari se vedeau mii de firicele mișcătoare,
cari toate jucau în imperiul unei raze și dispar
din vedere deodată cu ea.*

«Cezara»

Conform caracterizării date de către Aristotel, atomiștii, în frunte cu Democrit, au dat cea mai consecventă explicație lucrurilor din natură, pornind de la un concept unic. Mai tîrziu, însă, învățătura lor a fost umbră de cea a lui Aristotel. Și ideea despre atomi, ca unitate de măsură a materiei, a fost dată uitării pînă în sec. 17, cînd ea a fost readusă la viață de filosoful francez Pierre Gassendi (1592—1655) (după o lectură a romanului «Don Quijote») și acceptată mai apoi de învățați.

Înainte de a vorbi mai pe îndelete despre învăță-

tura lui Aristotel, să medităm puțin asupra noțiunii fundamentale de spațiu, introdusă de atomiști.

*Mii de ani cugetă-n mite la enigma incilcită.
Care spațiul i-o prezintă cu-a lui legi.*

«Memento mori»

Noțiunea de «spațiu», împreună cu cea de «timp» sînt cele mai complicate categorii filosofice, sensul lor evoluînd de la o perioadă istorică la alta. Realizările științei din ultimul secol și chiar din ultimul deceniu ne dovedesc că aceste noțiuni cunosc și astăzi o continuă dezvoltare.

Omul primitiv concepea spațiul ca un sistem de repere, după care se orienta, cînd se ducea la vînătoare sau se întorcea la peștera sa. (De fapt, cam așa procedăm și noi, cînd ne aflăm într-un oraș puțin cunoscut.) Fiecare om avea reperele sale, de care era legată o amintire oarecare, la fel cum copilul mic ține bine minte colțul mesei, de care s-a lovit, și totdeauna-l ocolește. Pe lângă reperele individuale existau și unele comune pentru toți. Ultimele, de obicei, erau legate de corpurile cerești: răsăritul și apusul Soarelui, a unor planete, poziția stelei polare, a constelațiilor pe cer ș.a.m.d.

Iar steaua cea polară i-arată a lui cale.

«Strigolii»

Astrologii babilonieni și egipteni stabiliseră un sistem întreg de corelații între corpurile cerești și fenomenele de pe Pămînt (revărsarea Nilului, succesiunea anotimpurilor ș. a. m. d.). Inconștient ei stabiliseră un sistem spațial de coordonate.

Atomiștii, însă, mergînd mai departe, subînțelegeau de acum prin spațiu nu numai locul care îl înconjura pe om, ci și locul unde se aflau obiectele cerești. Mai mult ca atît, ei susțineau că spațiul (deja spațiul abstract, rupt de corpurile reale, de proprietățile lor) este începutul începuturilor. Hesioid (sec. 8—7 î. e. n.), bunăoară, spunea că mai întîi de toate în Univers s-a născut Haosul, înțelegînd prin haos spațiul, deoarece, — argumenta el, — fără acest loc nu s-ar fi putut naște nici pămîntul, nici apa, nici alte stihii.

*Pară-l văd pe astronomul cu al negurii repaos.
Cum ușor, ca din cutie, scoate lumile din chaos.*

«Scrisoarea II»

Euclid (sec. 3 î. e. n.), compatriotul lui Democrit, a îmbrăcat concepția atomiștilor despre spațiu în haină matematică. Conform geometriei lui Euclid, spațiul este arena, pe care se mișcă atomii, adică scena, pe care se petrec toate evenimentele din natură. El este gol, lipsit de materie, infinit, izotrop și are trei dimensiuni. Una din principalele axiome ale geometriei euclidiene, care determină proprietățile spațiului, este axioma dreptelor paralele: printr-un punct exterior unei drepte se poate duce numai o singură paralelă la aceasta. În geometria euclidiană linia dreaptă este o geodezică, adică o linie ce are cea mai mică lungime. Cu alte cuvinte, din toate liniile care au aceleași capete, linia dreaptă e cea mai scurtă. Linia dreaptă se identifica cu linia după care se propagă o rază de lumină.

Mult timp se credea, că geometria lui Euclid reflectă întru totul proprietățile spațiului real. Dar în sec. 19 marele matematician rus Lobacevski a înlocuit axioma dreptelor paralele, ce sta la baza geometriei euclidiene, prin alta și a obținut o nouă geometrie tot atît de necontradictorie ca și cea a lui Euclid. Numai că spațiul descris de această geometrie posedă de acum cu totul alte proprietăți. Astfel de geometrii pot fi create o mulțime. Apriori nu se poate spune, dacă geometria dată reflectă spațiul real sau nu. Numai experiența — judecătorul suprem al oricăror ipoteze și teorii — poate da un răspuns la această întrebare.

Aristotel nu împărtășea părerile atomiștilor despre natura discretă a materiei (despre atomi) și despre spațiul gol lipsit de materie.

Marele gînditor grec a trăit între anii 384—322 î. e. n. L-a avut ca învățător pe Platon (427—347 î. e. n.), iar ca ucenic — pe Alexandru Macedon. A întemeiat o vestită școală de filosofie (liceul lui Aristotel), a scris o mulțime de cărți, care au fost

unicele izvoare de cunoștințe pentru sute și sute de ani. Lumea văzută prin prisma învățaturii lui Aris-

*Tablele erau pline de schemele unei sisteme lumești
imaginare, pe margini cu portretele lui Platon și Pitago-
ra și cu sentințe grecești.*

«Sărmanul Dionis»

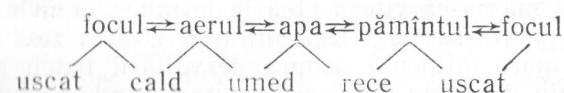
totel — «lumea lui Aristotel» — a fost unica concepție de ansamblu a oamenilor despre Univers pînă în sec. 17, cînd a fost înlocuită cu o concepție nouă — «lumea lui Newton». Ultima, la rîndul ei, a evoluat la începutul secolului nostru în «lumea lui Einstein».

Conform teoriei lui Aristotel, Universul nostru este unic, alte lumi n-au existat și nu există. Așa va fi veșnic. Dat fiind că ultima problemă stă și astăzi la ordinea zilei, aici se impune o mică paranteză. Înainte vreme, de regulă, problema existenței Universului era abordată de învățați numai tangențial: se credea că ea ține de competența slujitorilor cultului. Cu toate acestea, au fost enunțate mai multe ipoteze în privința problemei date. Platon credea că lumea are început, însă nu va avea sfîrșit. Atomistii erau de părere că Universul, ca și orice alt lucru din natură, trebuie să aibă și început, și sfîrșit. Heraclit (c. 540—c. 470 î. e. n.) și Empedocle (c. 490—c. 430 î. e. n.) susțineau că lumea se naște și piere periodic.

Universul, — mai susținea Aristotel, — are o formă sferică, este finit («marginea» Universului o constituie sfera stelelor) și se învîrte în jurul unui punct de bază, situat în centrul Pămîntului. (Focul central al lui Pitagora a fost anulat.) Între sfera stelelor și Pămînt se află sferele planetelor, Soarelui și a Lunii. Toate obiectele din natură sînt combinații a 4 elemente (stihii) de bază (un mic prim pas al chimiei): pămînt, aer, apă și foc. Proprietatea principală, pe care o atribuia Platon elementelor, era forma. Conform învățaturii lui Platon, apa are forma unui hexaedru, aerul — a unui octaedru, focul — a piramidei și pămîntul — a cubului. Pămîntul, din punctul de vedere al forme sale, are

cea mai stabilă bază și e greu de urnit din loc. De aceea, considera gînditorul, e și natural ca acest element, din cele patru fundamentale, să se afle în centrul Universului. Cît de ușor raționamentele goale uneori pot să te inducă în eroare!

Elementele lui Aristotel aveau cu totul alte calități. Focul era privit ca o combinație de uscat și cald, aerul — cald și umed, apa — umed și rece, pămîntul — rece și uscat. Dacă într-un element predomină una din aceste calități, el se transformă în altul, în care această calitate se conține. Dacă în foc este mai mult cald decît uscat, el se transformă în aer. Dacă în aer predomină caldul față de umed, el se transformă în foc ș. a. m. d. Deci, proprietatea principală a elementelor aristoteliene era de a se transforma unul în altul, spre deosebire de atomii rigizi ai lui Democrit. Ele puteau face acest lucru după următoarea schemă:



*Stihii ai lumii patru, supuse lui Arald,
Străbateți voi pămîntul și a lui măruntăie,
Faceți din piatră aur și din îngheț văpaie...*

«Strigoii»

(Învățatul a mai adăugat la aceste 4 elemente și pe al cincilea — sufletesc — «quinta essentia» — termenul se mai păstrează și astăzi — chintesența).

Secole la rînd după aceasta visau alchimiștii să găsească «piatra filosofică», cu care ar putea transforma un element chimic în altul. Vis realizat abia în sec. 20, odată cu dezvoltarea fizicii nucleare. Cît de vizionar a fost gînditorul grec!

Aristotel, spre deosebire de atomiști, care considerau materia unică, iar corpurile de pe Pămînt și cele din cer compuse din același fel de atomi, contrapunea obiectele cerești celor de pe Pămînt. Conform învățaturii lui, corpurile cerești constau dintr-o substanță aleasă, mai fină, cerească, numită eter. Chipurile, anume acest lucru le permite lor să se

miște pe circumferințe, fără a avea nevoie să fie împinse de vreo forță. Granița dintre lumea pămîntească, mereu aflată în schimbare, și cea cerească — neschimbătoare, trece dincolo de sfera Lunii, care are faze și, deci, este tot schimbătoare «nimic nui nou sub Lună»).

Pentru ca atomii să se poată mișca, atomiștii au admis existența spațiului gol. Dacă n-ar fi loc gol, argumentau ei, atunci corpurile n-ar putea crește sau scădea în volum. Aristotel, însă, nu vedea nici o necesitate în existența spațiului gol.

Știi că în puterea unei legi: Nu este spațiu deșert.

«Sărmanul Dionis»

Corpurile pot să se miște și fără spațiu gol — zicea el — cedîndu-și unul altuia locul. Un alt argument al filosofului: într-un spațiu gol un corp împins n-ar întîlni nici o rezistență și atunci el ar putea cu timpul să-și mărească viteza pînă la infinit. Dar în natură nu poate să fie viteză infinită. Ultima teză a avut o mare influență asupra dezvoltării fizicii de mai tîrziu. Einstein a folosit-o atunci, cînd a enunțat postulatul despre existența vitezei-limită (a luminii) în natură. Aceeași teză l-a condus și la ideea că masa corpurilor crește odată cu viteza lor.

Și ultimul argument al lui Aristotel contra existenței spațiului gol în natură: în vid toate corpurile ar cădea la fel de repede. Dacă Aristotel ar fi încercat să verifice experimental ultimul său argument, el ușor s-ar fi convins că ... are dreptate, lucru demonstrat de Galilei peste aproape 2 000 de ani. (Interesant lucru, prima experiență efectuată de astronauți pe Lună a fost cea a lui Galilei — de verificare a vidului. Ciocanul și pana, cărora li s-a dat drumul să cadă au ajuns la sol odată, spre marea satisfacție a milioaneilor de telespectatori de pe Terra.) În vid, în spațiu lipsit de aer, corpurile cad la fel de repede. Fizica modernă ne demonstrează că spațiu lipsit de aer există, dar spațiu lipsit de materie — nu. Din acest punct de vedere dreptatea este de partea lui Aristotel.

Spațiul, timpul și mișcarea la Aristotel au un ca-

acter continuu. Orice interval de spațiu, de timp poate fi divizat pînă la infinit.

Un punct matematic se perde-n nemărginirea dispozițiunii lui, o clipă de timp în împărțibilitatea sa înfinitezimală, care nu încetează în veci. În aceste atome de spațiu și timp, cit înfinii!

«Sărmanul Dionis»

Ideea continuității spațiului, timpului și mișcării a fost utilizată mai tîrziu de Newton la elaborarea unei noi concepții despre lume.

Aristotel este primul savant care elaborează conceptul teoretic al întregului Univers cu toate procesele ce se petrec în el. Învățătura lui despre lume este unitară (între diferite părți ale ei este o concordanță bună), profund gîndită și elaborată pînă la detalii. Nu există vreun fenomen din natură pe care Aristotel să-l fi trecut cu vederea. El explică eclipsele, fulgerul, tunetul, vîntul, cutremurul, cometele, meteorii, curcubeul, haloul ș. a. m. d., chiar și fenomene foarte rare cum ar fi «sorii falși».

*Și în jur parcă-mi colindă dulci și mindre primăveri,
Sau văd nopți ce-ntind deasupra-mi oceanele de stele,
Zile cu trei sorii în frunte, verzi dumbrăvi cu filomele,
Cu izvoare-ale gîndirii și cu riuri de cîntări.*

«Epigonii»

Desigur, astăzi explicațiile fenomenelor date de Aristotel par naive, uneori chiar absurde. Nu-i nimic deosebit în aceasta. Istoria științei ne demonstrează că concepțiile despre lume sînt mereu în schimbare. Sistemul lui Aristotel a fost un prim model. Dacă el ar fi evoluat, știința n-ar fi bătut pasul pe loc secole întregi. Din păcate, învățătura lui Aristotel a fost adaptată la cerințele religiei, iar ultima nu prea admitea schimbări în învățătura ei, astfel că cel care încerca să îmbunătățească sau să schimbe «lumea lui Aristotel» era declarat eretic. Din cauza aceasta știința n-a mai cunoscut mari progrese pînă în epoca Renașterii.

A doua noțiune fundamentală a fizicii expusă de antici a fost cea de timp. De fapt încă în legendele biblice se întîlnește o concepție destul de precisă a timpului indisolubil legat cu mișcarea: ca să op-

rească scurgerea timpului Dumnezeu a oprit mișcarea Soarelui. Legătura dintre timp și mișcare este sugestiv redată de Eminescu în poezia «Mușat și ursitoarele».

*Jur-împrejur se auziră glasuri
Și s-au oprit Neptun din drumu-i sferic,
Mușit-au limba de la vremii ceasuri.*

Cu alte cuvinte, dacă dispăre (se oprește) mișcarea (în sensul larg al cuvântului) se oprește («muștește») și timpul. Formarea concepției oamenilor din vechime despre timp a fost determinată de mișcarea Pământului. Primul lucru pe care l-au observat ei a fost succesiunea zilei și a nopții. Odată cu dezvoltarea agriculturii, păstoritului, oamenii au simțit necesitatea de a diviza ziua și noaptea. Astfel au apărut «reper» temporale: dimineața, seara, amiază, chindia ș. a. Noaptea drept reper temporale serveau poziția Lunii, planetelor și a stelelor pe cer.

Spiritul de observație al oamenilor, mereu aflați în mijlocul naturii, le-a ajutat să descopere că Luna revine periodic în aceeași poziție. Acest interval de timp a fost numai «lună» și a constituit cea de-a doua unitate de măsură a timpului după zi și noapte.

Să-ți numeri anii după mersul lunei.

«Fata-n grădina de aur»

Existența celor patru faze ale Lunii (lună plină, lună nouă, primul și ultimul pătrar) a permis o divizare a acestei unități în una mai mică, de șapte zile — săptămîna. Ea a fost numită în legătură cu cele cinci planete vizibile, plus Luna și Soarele. E interesant că în multe limbi, printre care și a noastră, numele corpurilor cerești le poartă și zilele (luni—Luna; marți—Marte; miercuri—Mercur; joi—Jupiter; vineri—Venus).

Preoții babilonieni și egipteni au mai observat că stelele formează pe cer grupuri, ce corespund unor imagini bine cunoscute lor. Aceste grupuri de stele, a căror formă nu se schimbă cu timpul, se nu-

mesc constelații. Unele constelații se văd vara, altele — iarna, iar 12 la număr — numite constelații zodiacale, — se observă în orice anotimp pe porțiunea de cer pe care se află și traiectoriile aparente ale Soarelui, Lunii și ale planetelor.

Stelele-n cer mișcă-auritele zodii.

«Ecô»

Odată cu dezvoltarea cunoștințelor astronomice, s-a observat că Soarele parcurge în fiecare an printre constelațiile zodiacale același traseu și peste 365 de zile și un sfert ocupă aceeași poziție. Acest interval de timp este anul — o nouă unitate de măsură a timpului, mai mare decât luna.

Haldeii au împărțit circumferința, pe care se mișcă Soarele, în 360 de părți egale (numărul $365\frac{1}{4}$ rotunjit) și au obținut prima măsură a unghiului — 1° (un grad). Observînd că circumferința poate fi împărțită cu ajutorul razei în 6 părți egale, ei au divizat gradul în 60 de minute unghiulare, iar minutul în 60 de secunde unghiulare.

Observațiile sistematice asupra cerului i-au condus pe antici la divizarea zilei și a nopții în cîte 12 părți egale, obținînd o nouă unitate de măsură a timpului — ora.

Divizarea orei în 60 de minute și a minutului în 60 de secunde constituie o consecință logică a divizării circumferinței. Denumirea de minut și secundă în limba noastră provine de la romani. La început aceste diviziuni ale timpului, derivate ale orei, se numeau «60 de părți din prima micșorare a orei» și «60 de părți din cea de-a doua micșorare a orei». Cu timpul din prima expresie s-a păstrat numai cuvîntul «micșorare», adică minutul, iar dintr-o doua — cuvîntul «a doua», adică secunda.

Primele ceasuri inventate de oameni au fost cele solare. Cînd umbra omului era cea mai mică, era amiază. Buneii multora dintre noi au apucat acele vremuri, cînd timpul se determina după umbră.

Primul ceas, așa-numitul cadran solar, era format dintr-o placă orizontală și dintr-un ac înfipt la

mijlocul ei. Cadranele solare instalate în piețele orașelor au fost utilizate ca indicatoare ale timpului până în sec. 17. Unul din principalele lor neajunsuri era, că ele funcționau numai în zilele cu soare. Dar oamenii aveau nevoie de a cunoaște timpul și pe vreme noroasă, și noaptea. Noaptea călugării măsurau timpul după numărul de mătănii, ceilalți muritori se orientau după cîntatul cocoșilor. Acest lucru, însă, nu putea să-i satisfacă pe astronomi. Între timp, învățații au stabilit un adevăr însemnat: dintr-un vas umplut cu apă (sau cu nisip) și prevăzut cu un orificiu în partea de jos, în intervale egale de timp se scurge cantități egale de apă (sau nisip). Asemenea aparate, numite clepsidre (cele cu nisip — nisiparnițe), puteau fi folosite de acum la măsurarea timpului atît ziua, cît și noaptea.

Orlogiul în uitare de mult și-a scurs nisipul.

«Gemenii»

Odată cu folosirea clepsidrei, nisiparniței a intrat în uz și expresia «surgerea timpului». Mai târziu nisiparnițele le-au sugerat fizicienilor și noțiunea de «cuantă de timp». Vestitul matematician evreu Mor Samuel (165—257) din Babilon pe timpul lui introdusese noțiunea de atom de timp, după mărime egal cu două clipiri din ochi.

În sec. 3 î. e. n. medicii din Alexandria foloseau clepsidra la determinarea pulsului. Dar pînă în sec. 17 nimănui nu i-a trecut prin minte să inverseze procedeul, adică să folosească un proces periodic pentru determinarea scurgerii timpului.

Anticii dibuiau și noțiunea de «săgeata timpului» odată ce foloseau drept unitate de măsură a lui și «sulița» (egală aproximativ cu o oră și jumate), folosită, de altfel, și de strămoșii noștri.

...cînd era soarele de două sulițe pe cer, a plecat în lumea largă și-n toiul lui de voinic.

«Făt-Frumos din lacrimă»

La Aristotel timpul și mișcarea sînt indisolubil legate, se determină unul pe altul. Timpul nu poate să existe fără mișcare, mișcarea este determinată de

timp, de aceea mișcarea este cea mai potrivită pentru a fi folosită ca unitate de măsură a timpului. Mișcarea sferei cerești, învăța marele filosof grec, determină timpul și celelalte mișcări.

Aristotel considera că în natură există două feluri de mișcări: pe o linie dreaptă și pe circumferință, iar celelalte mișcări sînt niște combinații ale acestor două. Aristotel de asemenea împărțea mișcările în naturale (care se produc fără acțiunea vreunei forțe) și forțate (sub acțiunea unei forțe). Mișcarea pe circumferință a corpurilor cerești și mișcarea pe o linie dreaptă a corpurilor pămîntești spre și de la centrul Universului erau considerate mișcări naturale. El credea că mișcarea pe circumferință este o mișcare uniformă, iar cea pe linie dreaptă — accelerată. Ca argument aducea exemplul căderii unei pietre, care, cu cît se apropie mai mult de Pămînt, cu atît mai tare își sporește viteza.

Aristotel mai afirma că fiecare corp din Univers își are locul său. Fiind scoase din «cuibul» lor, ele caută să se întoarcă înapoi. La întoarcere ele se mișcă cu atît mai repede, cu cît sînt mai aproape de locul destinat. Filosoful de asemenea a împărțit corpurile în grele și ușoare. Grație acestor calități, corpurile grele tind spre centrul Universului, iar cele ușoare — în direcția opusă. Prin aceasta el explica de ce piatra se rostogolește din vîrfurile dealului la vale (cu o viteză tot mai mare), iar fumul de la foc se ridică în sus. Aici marele filosof antic se îndepărtează de învățătura dascălului său Platon, care, deși într-un mod foarte cețos, intuise deja existența forțelor de gravitație.

Platon susținea că toate corpurile de aceeași natură au proprietatea de a se aduna împreună. Arunci în sus o mîină de nisip, zicea el, și el se întoarce la nisipul de jos. Apa vărsată jos se strecoară în pămînt, apoi izvorăște undeva, se scurge în pîrîu, din pîrîu — în rîu, iar din rîu — în mare, și iarăși se împreunează.

Aristotel n-a bănuț nici mișcarea după inerție. Filosoful considera că mișcarea «nenaturală» este

indisolubil legată de o forță. Un corp este pus în mișcare de ceva, acel ceva — de altceva, și tot așa... pînă la urmă savantul s-a văzut nevoit să admită existența unui «prim motor», «veșnic și unic», care imprimă «un prim impuls» tuturor mișcărilor.

*Blestem mișcării prime, al vieții primul colț.
Deasupra-i se-ndoiră a cerurilor bolți,
Iar de atunci prin chaos o muzică de sfere,
A cărei haină-i farmec, cuprinsul e durere.*

«Ca o făclie...»

Și acest «prim motor» este, desigur, «Duhul sfînt», care plutește dincolo de sfera stelelor. El pune în mișcare sfera stelelor, care la rîndul ei pune în mișcare sferele interioare ale planetelor, în cele din urmă — corpurile de pe Pămînt. Cea mai perfectă, mai uniformă mișcare este cea a sferei stelelor. Cu apropierea de Pămînt, mișcarea corpurilor devine mai puțin desăvîrșită.

Astfel stînd lucrurile, totul în lume urmează unui scop bine determinat, care, bineînțeles, depinde de vrerea lui Dumnezeu.

Atomistii în învățătura lor nu aveau nevoie de Dumnezeu. De aceea Epicur și Lucrețiu considerau că evenimentele în natură se petrec nu numai dintr-o strictă necesitate. Se poate întîmpla, susțineau ei, că în locuri nedeterminate, în momente de timp neprevăzute atomii fără nici un motiv să se abată de la poziția lor și atunci iau naștere fenomene neașteptate (întîmplătoare). Cu alte cuvinte, în natură hazardul are același drept la existență ca și necesitatea. Această idee este foarte apropiată de principiul nedeterminării, enunțat de Heisenberg la începutul secolului nostru.

*Cine mi-a spune-o oare? E plan, precugetare,
În șirul orb al vremii și-a lucrurilor lumei?
Sau oarba întîmplare fără-nțeles și țință
E călăuza vremii? Putut-a ca să fie
Și altfel de cum este tot ceea ce există,
Sau e un trebui rece și neînălțurat?*

«Andrei Mureșanu»

Teze mai aproape de adevăr decît cele ale lui Aristotel au mai existat și asupra multor altor prob-

leme, dar ele au rămas în umbra învățăturii aristotelene, care, după cum am spus, a dominat știința pînă în sec. 16. Bunăoară, Aristarh (c. 310 — c. 230 î.e.n.) enunță ideea că nu Pămîntul se află în centrul Universului, ci Soarele (Copernic n-a cunoscut lucrarea lui Aristarh), iar Pămîntul se învîrtește în jurul lui. Ca să explice succesiunea anotimpurilor, el admite că Pămîntul se și rotește, avînd axa de rotație înclinată față de planul orbitei sale. Adversarii săi îi reproșau: dacă Pămîntul s-ar roti în jurul Soarelui, atunci noi am fi cînd mai aproape de sfera stelelor, cînd mai departe și distanța aparentă dintre aștri ne-ar părea cînd mai mare, cînd mai mică (la fel ca distanța dintre 2 copaci, văzută de la diferite depărtări). Aristarh argumenta: dimensiunea orbitei Pămîntului e foarte mică în comparație cu distanța de la el pînă la sfera stelelor, din care cauză schimbarea distanței aparente dintre aștri nu poate fi observată. Pentru ca argumentele să fie convingătoare, trebuiau aduse cifre. Aristarh a încercat să estimeze distanța de la Pămînt pînă la Soare, dar puțin ce a izbutit să facă în această privință.

Astronomii ajungeau tot mai des la concluzia că pentru a înțelege Universul nu-i de ajuns de a face numai «exerciții mintale», ci se cer efectuate măsurători astronomice. Cele mai mari izbînzii în direcția aceasta le-a obținut Hiparh (c. 190—125 î.e.n.). Avînd pe timpurile celea cea mai perfectă aparatură astronomică, Hiparh a alcătuit primul catalog al stelelor. 1022 de stele, din cele aproape 6 000 cît pot fi văzute cu ochiul liber, au fost sistematizate după poziția lor pe cer și după luminositate. El a ajuns la ideea creării catalogului, cînd odată a observat pe cer apariția unei stele noi — unei supernove. Trebuie de avut o hartă a cerului, — și-a zis atunci astronomul — ca pe viitor să putem observa orice apariție a unor noi stele. (Aristotel considera doar că lumea stelelor rămîne neschimbată). Hiparh a mai observat că Luna nu totdeauna se află la una și aceeași distanță de la Pămînt, de unde a tras concluzia că Luna se mișcă pe

o circumferință, centrul căreia nu se află în centrul Pământului. Făcînd cele mai precise, pe atunci, observații asupra Lunii, planetelor, Hiparh n-a îndrăznit, totuși, să elaboreze un model matematic al mișcării corpurilor cerești. După cum susținea Ptolemeu (c. 90—168), primul astronom, care a făcut acest lucru, — din motivul «ca să nu-și păteze reputația».

Ptolemeu, fiind un astronom foarte prudent (admitea uneori că nu Pământul, ci Soarele se află în centrul Universului), și-a pus ca scop să rezolve o problemă mai pe puterea muritorilor — să descrie mișcările aparente ale planetelor, Lunii, Soarelui pe bolta sferei stelelor, așa cum sînt ele văzute de pe Pământ. (În limbajul fizicii de astăzi spunem că el și-a ales ca sistem de referință Pământul.)

Conform sistemului matematic al lui Ptolemeu, Soarele și planetele se mișcă pe circumferințe (numite epicleuri) în jurul unor centre proprii. Centrele, la rîndul lor, se mișcă, tot după circumferințe, în jurul Pământului. Dincolo de sferele planetelor este situată sfera stelelor, aflate în repaus una față de alta. Sfera stelelor împreună cu tot alaiul ei de aștri se rotește cu o viteză mare în jurul Pământului — o rotație deplină efectuînd-o în decursul unei zile și unei nopți. Astfel, savantul explica mișcările stelelor, Soarelui, Lunii, planetelor pe bolta cerului. Modelul lui Ptolemeu, așa-numitul model geocentric, este primul model cantitativ al Universului. După cum spunea însuși autorul, acest model era mai ușor de calculat decît de înțeles. Cu toate acestea, sistemul geocentric al lui Ptolemeu explica mișcările ciudate, «cu lațuri» (cînd înainte, cînd înapoi), ale planetelor. (Planetele se mișcă în jurul Soarelui pe orbite aproape circulare, dar aceste mișcări, privite de pe Pământ, care la rîndul său se rotește în jurul astrului ceresc, par cu mult mai complicate). Modelul se încadra de minune în învățătura lui Aristotel și a fost acceptat de religie ca fiind adevărat. Ulterior, cînd măsurătorile mai precise ale mișcărilor planetelor au indicat devieri de la teoria lui Ptolemeu, pentru a salva sistemul geocentric, se in-

roduceau noi epicleuri. Această reprezentare a lumii a dominat pînă la Copernic.

Se cuvine să menționăm aici că pe hărțile geografice alcătuite de Ptolemeu erau înregistrate mai multe orașe dacice. Și aceasta probabil din motivul că strămoșii noștri — geto-dacii — încă cu mult înainte de era noastră aveau o concepție astronomică unitară și practică. Drept mărturie servește observatorul astronomic de la Sarmisegetuza cu toponimica lui specifică din jur: Steaua Mare, Steaua Mică, Timpul, Piriul Timpului...

*Mal stă-nrădăcinată-n munți de piatră,
Cu murii de granit, cu turnuri gote,
Cetatea-mi veche Sarmisegetuza?*

«Odin și poetul»

La Aristotel mișcarea era indisolubil legată de forță — dacă nu-i aplicată o forță asupra corpului, nu există nici mișcarea lui. Despre forțe filosoful puțin ce putea să spună. Învățătura despre forțe a fost dezvoltată mai tîrziu, cînd a avut loc diferențierea științelor. S-a remarcat în această privință Arhimede (c. 287—212 î. e. n.) — părintele mecanicii. El a efectuat cercetări într-un domeniu mai îngust, în schimb studiile lui au fost mai profunde. Arhimede elaborează regulile compunerii forțelor, găsește legile pirghiei, introduce noțiunea de centru de greutate. El este și primul fizician, care-și aplică în practică cercetările. După proiectele lui se construiesc multe mașini mecanice, folosite în construcții, în armată, în agricultură.

Se cuvine să menționăm aici că legile descoperite de Arhimede erau de acum legi cantitative, ele operau cu mărimi cantitative ale materiei. O asemenea mărime, fundamentală pentru fizică, era masa.

Încă în vremurile preistorice oamenii au început a face schimb de bunuri materiale. Tot atunci a apărut și necesitatea de a măsura aceste bunuri: grîul, laptele, metalele ș. a. Volumul, deși era ușor de măsurat, nu putea fi o caracteristică adecvată: corpurile se contractă, se dilată, cu toate că în esența lor

rămîn aceleași. Nu-i exclus faptul că pentru prima dată fenomenul dilatării și contractării a fost observat și studiat de om atunci, cînd își cocea pîinea. Aluatul, cînd dospește, își schimbă esențial volumul, cu toate că la cantitate rămîne neschimbat. Din acest motiv în calitate de caracteristică cantitativă, comună tuturor corpurilor materiale, a fost aleasă masa și nu volumul. Cuvîntul «masă» are o proveniență latină și înseamnă «boț de aluat». În limba latină a pătruns din limba greacă, în care înseamnă ...«turtă de orz».

Anticii măsurau masa cu balanțele. Arhimede a mai adăugat la ele cîntarul hidrostatic, cu ajutorul căruia putea să distingă metalele, cîntărind la început metalul în aer, apoi în apă. Diferite metale, avînd mase egale, diferă după volum, adică au densități diferite. Conform legii descoperite de Arhimede, lege ce astăzi îi poartă numele, asupra unui corp cufundat într-un fluid (lichid sau gaz) acționează o forță de ascensiune orientată vertical în sus, egală ca mărime cu greutatea fluidului dezlucuit de acest corp. De aceea cînd pe talerele balanței se află corpuri diferite cu greutăți egale, la cufundarea în apă, de exemplu, balanța se dezechilibrează. Cîntărind o dată corpul în aer, iar altă dată în apă, se poate determina densitatea lui, în ultimă instanță — materialul din care el este făcut. Se spune că lui Arhimede i-a venit această idee, cînd i se pusese problema să determine, dacă coroana, pe care giuvaiergiul i-a făcut-o regelui, este din aur curat sau dintr-un aliaj de aur cu argint. Gîndurile nu-l părăseau nici în cada de baie. Cufundîndu-se în apă, el a observat că din cada plină curge o cantitate de apă egală cu volumul corpului său cufundat. Sări iute din cadă și o luă la fugă spre casă, strigînd: «Evrîca, evrîca!»

Cu probleme de ordin global Arhimede s-a ocupat mai puțin ca predecesorii săi. Dar asta nu l-a împiedicat să încerce să calculeze masa Universului. A obținut o mărime egală aproximativ cu masa a 10^{63} de fire de nisip. În cazul de față nu contează rezultatul, deși și el prezintă interes, ci curajul.

Fizica lui Aristotel, astronomia lui Ptolemeu, geometria lui Euclid, mecanica și matematica lui Arhimede sînt culmi ale civilizației antice.

Spre deosebire de mecanică, celelalte domenii ale fizicii aristoteliene se dezvoltau mult mai slab.

Cu vreo 3 000 de ani în urmă oamenii încă nu înțelegeau legătura ce există între lumina zilei și emisia luminoasă a Soarelui. În Biblie scrie că Dumnezeu «a făcut» lumina în «prima zi», iar Soarele, Luna și stelele «le-a creat» de abia în «ziua a treia». Mult timp oamenii credeau că lumina provine de la individul care privește și nu de la corpurile incandescente.

Iar ochiu-i plin de raze străluce în afară.

«Urît și sărăcie»

De abia în sec. 10 Alhazen (965—1039), un mare matematician și astronom arab, își dădu seama că ochiul nu este un aparat de emisie a «focului divin», ci un aparat receptiv, asemenea unei lentile, iar lumina este un purtător de informație de la obiect la om.

Deși anticii nu cunoșteau natura luminii, ei își dădeau bine seama că ea se propagă foarte repede. Genialul inventator grec Heron (sec. I î. e. n.) prin raționamente ajunge la concluzia că viteza luminii este mai mare decît oricare alta, «deoarece, — spune el, — noaptea, afară, de îndată ce deschidem ochii, vedem stelele».

Savanții din antichitate făceau și unele observații asupra proprietăților luminii. Astfel, pe timpul lui Euclid se știa deja că lumina se propagă rectiliniu, că la reflexia luminii într-o oglindă plană unghiul de reflexie este egal cu cel de incidență.

Era cunoscut, de asemenea, faptul că lumina se refractă la trecerea dintr-un mediu transparent în altul (o vîslă în apă pare frîntă).

Din valuri iese cîte o rază frîntă...

«Povestea magului călător în stele»

Hiparh era conștient de faptul că lumina ce vine de la stele își schimbă în atmosferă direcția. Lucrul acesta trebuia să-l ia în considerație în timpul observațiilor astronomice și Ptolemeu, din care cauză el s-a văzut nevoit să consacre o parte din timpul său problemei refracției luminii. Savantul a întocmit tabele speciale, ce reflectau dependența unghiului de refracție a luminii de cel de incidență la trecerea luminii dintr-un mediu în altul. În mod implicit aceste tabele conțineau legea refracției luminii, dar învățatul n-a intuit-o. Legea a fost descoperită abia în 1621 de fizicianul olandez Willebrord Snell van Royen (1580—1626).

N-au intuit anticii nici culoarea luminii. Aristotel presupunea că lumina ar fi un amestec de «întunecat» și «luminos». Și cam atât.

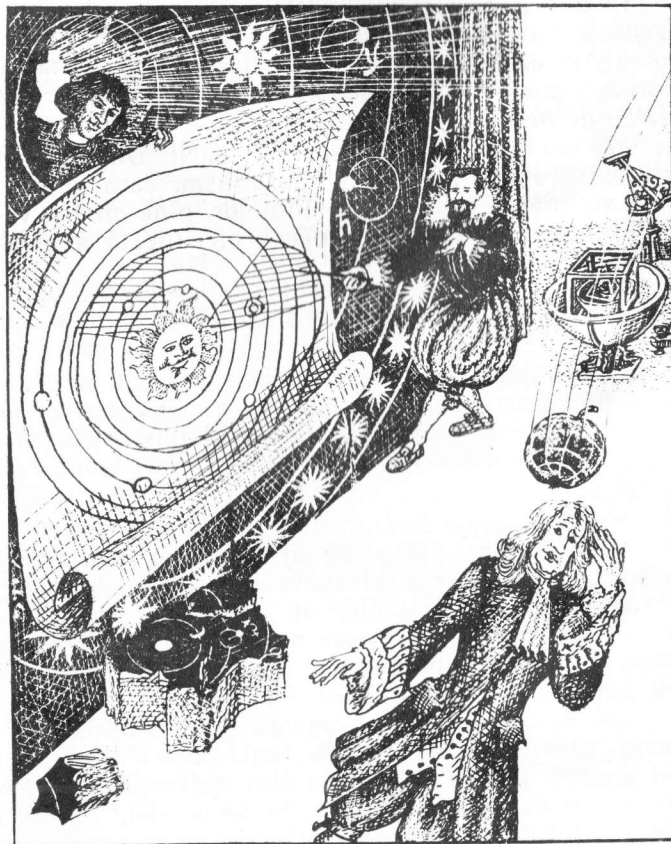
Cunoștințele anticilor despre electricitate și magnetism erau și mai sumare.

Fenomenul electricității a fost consemnat pentru prima dată de Tales (c. 624—547 î. e. n.). Legenda glăsuiește că soției savantului îi plăcea să se joace cu pisica. Brățara ei de chihlimbar se electriza de blana animalului și la o eventuală atingere de nasul pisicii săreau scintei. Tales studiază proprietățile chihlimbarului (de la care și provine denumirea de electricitate) de a atrage firișoare de paie, atunci când este frecat. Unul dintre cele mai vechi texte despre magnetism este cel al lui Platon. Piatra, pe care Euripide a numit-o magnetică și căreia i se mai spune piatra lui Hercule — scria filosoful — nu numai că atrage inelele de fier, dar și le comunică acestora o anumită forță, o putere, ce le dă posibilitate să atragă alte inele, astfel că se poate obține un lanț foarte mare de inele de fier ce se țin unul de altul. Și puțința lor, a tuturor inelelor de a atrage este determinată de această piatră.

Grecii antici cunoșteau și fenomenul de polaritate a magnetismului: doi magneți pot atât să se atragă, cât și să se respingă. Ei, însă, n-au avut de unde să bănuiască legătura ce există între electricitate și magnetism, cu atât mai mult, între electricitate, magnetism și lumină.

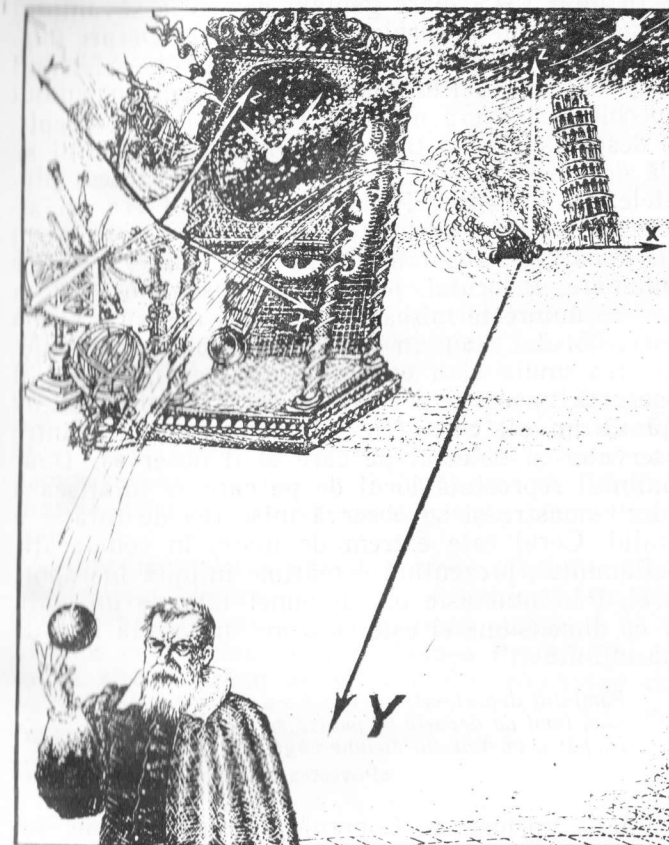
În linii generale, cam acesta este bagajul de cunoștințe moștenit de omenire de la antici, dacă nu adăugăm că în învățătura lor întâlnim în germene aproape toate concepțiile și problemele majore ale fizicii de mai târziu.

Așa au fost frumoșii zori ai fizicii. După ei au urmat secole întregi de obscurantism, caracterizate prin stagnarea completă a științelor, pînă cînd a venit Copernic și a spart găoacea pietrificată a învățăturii aristoteliene.



2

RENAȘTEREA FIZICII



*...din fenomenele de mișcare
să cercetăm
forțele naturii,
apoi din aceste forțe
să deducem
celelalte fenomene.*

NEWTON

În anul 1543 apare geniala lucrare a savantului polonez Nicolai Copernic (1473—1543) «Despre mișcările de revoluție ale corpurilor cerești». Sistemul geocentric al lui Ptolemeu cedează locul sistemului copernician. Suferă modificări esențiale și concepțiile despre spațiu și timp. În centrul Universului se află de acum Soarele, în jurul căruia se rotesc planetele. Dacă pentru Ptolemeu Pământul era un sistem de referință absolut, apoi pentru Copernic nu există mișcare absolută. Totul este relativ: «Orice schimbare, a locului, pe care o observăm, — zicea el, — se datorește mișcării obiectului observat sau a observatorului, sau, în sfârșit, deosebirii dintre plasarea unuia și a celuilalt, deoarece nu poate fi observată mișcarea corpurilor, care se mișcă la fel față de un alt corp (eu subînțeleg mișcarea între observator și obiectul pe care el îl observă). Doar Pământul reprezintă locul de pe care se înfățișează vederii noastre și se observă mișcarea de rotație a cerului. Cerul este extrem de mare, în comparație cu Pământul, prezentînd o mărime infinită în raport cu el. Pământul este ca un punct față de un corp, iar ca dimensiune el este ca o mărime finită față de una infinită».

*Pământul departe-ntr-un punct s-a contrage
Căci lumi de departe în puncte se schimb,
Dispar a pământului viziune vage...*

«Povestea magului călător în stele»

Făclia aprinsă de Copernic este purtată de savantul italian Giordano Bruno (1548—1600). Ideile lui Bruno depășeau cu mult reprezentările contemporanilor săi despre Univers, chiar și pe cele ale marelui Copernic, pentru care Universul, cu Soarele în centru, era limitat de sfera stelelor. Bruno scria în cărțile sale că lumea noastră este infinită, că Soarele nu se află în centrul Universului, și că el este doar o stea, de felul căreia în spațiu există o mulțime nenumărată. În jurul multor sori rotesc planete, poate undeva există viață. În Univers au loc transformări neconținute, se nasc planete noi și noi sori. Totul se află în veșnică mișcare. Nu există o deosebire esențială între pământ și alte corpuri

cerești. Pământul, Soarele, cometele au aceeași natură.

*Căci spune-i numai unui om ieșit din coaja naturii cum
că soarele stă și pământul se-nvrtește... el va găsi-o
irațional, paradox, contra minții sănătoase... Spune-i că
stelele sunt tot atâtea lumi... el va găsi-o paradox.*

— Dar cu toate acestea e adevărul.

«Archaeus»

Asupra problemelor puse în discuție de Bruno a meditat mult timp astronomul danez Tycho Brahe (1546—1601). El era convins că, pentru a descoperi ceva în știință, trebuie să efectuezi observații detaliate. Într-o seară de noiembrie a lui 1572, Brahe a ieșit din laboratorul său, ca să facă o mică plimbare. Din obișnuință, își îndreptă privirea spre cer și, minune, observă în constelația Cassiopeia o stea foarte strălucitoare, pe care pînă atunci nu o văzuse acolo. O stea nouă? Nu poate să fie! Doar marele Aristotel spunea că stelele nu pier și nu se nasc.

Apariția stelei a stîrnit o mare vîlvă în lumea învățaților. Fiecare interpreta fenomenul în felul său. Astrologii prevesteau o nouă coborîre a lui Hristos pe Pământ... Dar ce spunea Brahe? El a urmărit steaua vreun an și jumătate, observînd cum ea își schimbă culoarea din albă în galbenă, apoi în roșie, cum îi slăbește treptat lumina, pînă cînd a dispărut definitiv.

*Că sori mai pîlpîi roșii gigantice făclii
Și-apoi se sting.*

«Andrei Mureșanu»

N-a fost o cometă, deoarece n-a avut coadă. Și cu toate că a strălucit mai tare ca o planetă, n-a fost nici planetă (licărea ca o stea, și nu ca o planetă). În afară de aceasta, poziția ei față de stelele vecine a rămas mereu neschimbată. A luat naștere o nouă stea — aceasta a fost concluzia, la care a ajuns Brahe.

Cinci ani mai tîrziu, într-un amurg, Brahe observă iarăși o stea nouă, numai că de data aceasta ea «tîra» după sine o coadă stufoasă. Nu încăpea nici o îndoială că de data aceasta cerul era inspec-

tat de o cometă (cometa este înregistrată și în letopiseșul lui Grigore Ureche). La sugestia și cu concursul lui Brahe se fac observații concomitente asupra oaspetelui ceresc la Uranienburg (observatorul învățatului de pe insula Huenn (Hveen) de lângă Copenhaga) și la Praga. Aceasta îi dă posibilitate astronomului să măsoare cu destulă precizie distanța de la Pământ până la cometă. Astfel, Brahe demonstrează că «stelele cu coadă» se află «mult dincolo de atmosfera Pământului», ba chiar de câteva ori mai departe decât Luna, sfera căreia formează «granița ce desparte materia pămîntescă de cea cerească», și în mișcarea lor întretaie sferele cristaline ale planetelor. De acum nimeni nu se mai îndoia de faptul că cometele sînt adevărate corpuri cerești și nu meteori încinși, după cum susținea Aristotel. Astfel în edificiul fizicii aristoteliene începe să apară fisuri, și încă destul de mari.

Tot de la Tycho Brahe începe și studierea planificată a planetelor. Mai bine de 35 de ani astronomul, cu instalații de construcție proprie, înregistrează «pas cu pas» mișcarea planetelor pe bolta cerului. Observațiile lui au fost atît de precise, încît au fost folosite sute de ani după moartea lui (să nu uităm că pe atunci telescopul încă nu era inventat). Ulterior datele lui Brahe au fost utilizate de matematicianul austriac Kepler pentru determinarea legilor de mișcare a planetelor în jurul Soarelui.

Începerea refacerii capitale a edificiului fizicii îi revine, însă, geniului italian Galileo Galilei (1564—1642). Singur savantul zicea că a izbutit acest lucru grație faptului că a savurat din plin din nemuritoarea operă a lui Dante Alighieri.

*Cu flori stereotipe, cu raze, diamante,
Nu pot să scriu frumuseța cea vrednică de Dante.*

«Icoană și privaz»

S-a născut viitorul savant într-o familie de intelectuali florentini. Prima sa școală a fost mănăstirea, dar dragostea de știință și scepticismul față de autorități le-a moștenit de la tatăl său, un mare admirator al muzicii și literaturii, un om de o vastă cultură.

În 1580 Galileo se înscrie la facultatea de medicină de la Universitatea din Pisa. Dar de curînd simte că nu are predilecție față de medicină și nici față de fizică, care se studia la facultate. În fizică pe atunci toate problemele se rezolvau cu ajutorul citatelor din Aristotel. Oare n-ar fi mai bine să-și consacre viața picturii? Dar intervine tatăl său. Urmîndu-i sfatul, Galileo studiază operele lui, Arhimede și Euclid și... rămîne captivat de ele. Tot în această perioadă ia cunoștință de lucrarea lui Copernic, din care pentru prima dată află, că Soarele se află în centrul lumii și că-n jurul lui se rotesc planetele, printre care și Pământul. Fizica și astronomia devin pentru el o pasiune. Galilei își dă seama că concepțiile lui Copernic, deși combătute de biserică, sînt juste, pe cînd doctrinele lui Aristotel sînt neîntemeiate. În fața tînărului cercetător apără o sarcină uriașă — să reconstruiască edificiul fizicii lui Aristotel, edificiu, care ținuse aproape 2 000 de ani.

Galilei este primul dintre învățați, care pune la baza oricăror investigații experiența. «După cum gustul unei mîncări nu-l putem afla fără a o proba, — spunea el, — tot așa și o teorie fizică nu poate fi acceptată sau respinsă fără a recurge la experiență».

Nu esplicările ce se dau faptelor, ci faptele înșile sunt adevărul.

«Cezara»

Cercetările savantului încep cu o proprietate fundamentală a materiei — cu mișcarea.

Mișcarea. Pare totul simplu. Cauza mișcării este forța — așa ne învață Aristotel. Trăsura nu se urnește din loc, dacă nu e trasă de cai. Iar dacă se înhamă nu doi, ci patru cai, ea se va mișca mai iute. Cu cît forța e mai mare, cu atît și viteza e mai mare. Așa spune bunul simț. Erau și dovezi, care negau aceste concepții, dar ele n-au fost luate în seamă. O nucă, lovindu-se de un perete, se mișcă în direcție opusă, își schimbă direcția impulsului în diametral opusă, ceea ce n-ar trebui s-o facă, dacă, s-ar reieși din învățătura lui Aristotel.

Avem nevoie oare de «bunul simț», dacă el nu e totdeauna prieten cu adevărul? Oare nu vedem în fiecare zi cum Soarele se deplasează pe bolta cerească, dar în realitate se rotește Pământul în jurul axei sale. Cam așa judeca și Galilei. Efectuând mai multe experiențe cu corpurile aflate în mișcare, el ajunge la concluzia că «viteza imprimată unui corp în mișcare se menține riguros constantă, dacă se înlătură cauzele externe de accelerare sau încetinire». Dacă de la căruța aflată în mișcare se vor deshăma caii, ea se va opri. Dar ea se va mișca încă mult dacă osiile roților sînt bine unse, dacă drumul e neted. Dacă ne-am imagina un drum ideal, care nu opune rezistență mișcării și niște osii tot ideale (fără frecare), căruța s-ar mișca încontinuu, fără să-și schimbe viteza. Aceasta nu este altceva decît cunoscuta lege a inerției.

Aristotel ne învâța că pentru menținerea unei viteze constante este nevoie de aplicarea unei forțe constante, Galilei spune altfel — că pentru menținerea unei viteze constante trebuie înlăturate sau compensate toate forțele externe. Nu întîmplător prima lege a lui Newton se mai numește și legea inerției a lui Galilei.

Al doilea lucru însemnat enunțat de Galilei a fost principiul relativității.

După părerea lui Galilei, într-un corp aflat în mișcare rectilinie și uniformă și un corp aflat în repaus se poate pune, într-un anumit sens, semnul egalității. O corabie, care înaintează cu viteză constantă pe apa mării, și alta ancorată în port, sînt în egală măsură nesupuse «înlufenței unor cauze exterioare, care provoacă accelerare sau încetinire». Orice experiență de mecanică, efectuată pe un corp ce se mișcă uniform și rectiliniu, va decurge la fel ca și pe un corp aflat în repaus. (Un nou tip de simetrie cunoscut de fizică). Acesta și este principiul relativității galileiene. În limbajul fizicii de astăzi el se formulează în felul următor: legile mecanicii sînt invariante (nu-și schimbă forma) la trecerea de la un sistem de coordonate inerțial la altul, în raport cu transformările Galilei (vezi cap. 4).

Galilei a făcut încă un pas înainte. El a demon-

strat că este mai importantă schimbarea mișcării decît însăși mișcarea. Accelerația (variația vitezei într-o unitate de timp) l-a preocupat mult pe savant, mai ales accelerația la căderea liberă a corpurilor.

Aristotel susținea că viteza de cădere a corpurilor este direct proporțională cu masa lor. La prima vedere s-ar părea să fie anume așa — o piatră cade totdeauna mai repede decît un fulg de nea. Dar ce spun experiențele lui Galilei? La început savantul a efectuat o «experiență mentală». Și-a imaginat 2 corpuri: unul mai ușor, iar altul mai greu. A admis teza filosofului grec. Cum, însă, se vor comporta aceste corpuri, dacă vor fi legate împreună? Corpul mai ușor, care cade mai încet, va încetini mișcarea celui mai greu. În același timp, corpurile legate împreună au o masă mai mare și ar trebui să cadă și mai repede. E un paradox, care a fost explicat de Galilei prin admiterea că ambele corpuri cad la fel de repede, adică căderea corpurilor pe Pământ nu depinde de masa lor.

Ca să dovedească acest lucru, Galilei urca pe turnul înclinat de la Pisa și dădea drumul simultan la sfere de aceeași mărime din diferite materiale (de fontă și de lemn, de exemplu). Conform presupunerilor lui anterioare, obiectele, deși aveau mase diferite, atingeau solul simultan. Corpuri de diferite greutateți, și densități, lăsate de Galilei să cadă într-un tub fără de aer, confirmau același lucru — accelerația căderii libere a corpurilor nu depinde de masa lor.

Galilei a făcut multe descoperiri importante în mai multe științe: în matematică a pus începutul calculului infinitesimal și al probabilităților; în astronomie a descoperit mai multe stele, decît au descoperit toți astronomii precedenți, a observat pete pe Soare, a descoperit rotația Soarelui în jurul axei sale, sateliții lui Jupiter, fazele lui Venus, inelul lui Saturn ș. a.; în tehnică a construit luneta, prototipul microscopului, compasul geometric și militar, o primă variantă a riglei logaritmice; în fizică a elaborat legile căderii libere și pe planul înclinat a corpurilor, a fundamentat știința despre rezistența materiale-

lor, a descoperit fenomene noi în optică și acustică. Nu degeaba Asachi îl numea «Luceafărul Italiei».

Aflându-se odată în catedrală, Galilei, în loc să asculte predica, măsura timpul oscilațiilor candelaburului cu ajutorul bătailor inimii. Astfel, a descoperit legea izocronismului oscilațiilor mici, lege ce a indicat o nouă metodă de determinare a timpului și a dat un impuls construirii ceasornicelor cu pendul.

*Și-s fericit... Pulsează lunga vreme
În orologi cu pașii uniformi...*

«Dormi»

Măsurătorile de astăzi ale timpului cu ajutorul ceasornicelor atomice se bazează de asemenea pe folosirea unui proces periodic.

Tot lui Galilei îi vine în minte fericita idee să compare planeta noastră cu o corabie, de unde ajunge la concluzia că nici o experiență mecanică efectuată pe Pământ nu poate dovedi, că el este imobil sau «aleargă» în spațiu cu o viteză constantă. Toate procesele de pe Pământ vor decurge la fel în ambele cazuri. Astfel, principiul relativității neagă argumentele aduse de adepții învățaturii lui Aristotel contra sistemului copernician. Dacă Pământul s-ar mișca, — ziceau ei, — atunci o piatră ce cade din vârful unui turn ar trebui să devieze de la verticală, deoarece ea se mișcă numai în direcția centrului Pământului, iar în timpul căderii Pământul «fuge de sub ea». Norii și păsările la fel ar trebui să rămână în urma planetei. În realitate, însă, aceasta nu are loc. De aici reiese, — conchideau dogmaticii, — că Pământul se află în repaus. Galilei era convins, însă, că Pământul se mișcă uniform. Un argument în plus în favoarea acestei teze a fost descoperirea de către el a sateliților planetei Jupiter, care «cuminți» se învâneau în jurul planetei-mamă. Pământul nostru nu-i cu nimic privilegiat față de ei, ca să se afle în repaus. Cu atât mai mult, că petele de pe Soare indicau că și astrul zilei se rotește.

Prin descoperirile sale Galilei a infirmat definitiv cosmologia antică. Desigur că acest lucru n-a fost pe placul «sfintei inchiziții». Deși savantul atin-

sesse vârsta înaintată de 69 de ani, el a fost adus în fața judecătorilor bisericii.

Se povestește că după «mărturisire și recunoaștere a păcatului» în ușa deschisă a bisericii și-a făcut apariția un câine, care a început să dea prietenește din coadă. Văzându-l, Galilei a arătat spre coada lui și a zis: «și totuși se mișcă». Toți au înțeles că savantul a avut în vedere Pământul.

*Atunci lumea-n căpăfină se-nvîrtea ca o morișcă
De simțeam, ca Galilei, că comedia se mișcă.*

«Scrisoarea II»

Copernic și Galilei au stabilit definitiv că planetele se mișcă în jurul Soarelui, dar lipsea răspunsul la întrebarea: după care traiectorii se mișcă ele. Răspunsul a fost găsit de astronomul austriac Johannes Kepler (1571—1630).

Lui Johannes îi era destinată o carieră de teolog. Dar câteva fenomene astronomice, pe care le-a observat în copilărie, i-au determinat calea vieții. Avea numai 6 ani, când în 1577 mama i-a arătat cometa, descoperită de Tycho Brahe. La 9 ani rămîne vrăjit de priveliștea unei eclipse de Lună. De unde să bănuiască pe atunci băiețușul, că peste ani va deveni moștenitorul datelor astronomice ale lui Brahe și că va găsi-o pe mărița sa Luna vinovată de fluxul și refluxul mărilor și oceanelor.

La început s-a ocupat de astrologie, mai precis de alcătuirea horoscoapelor. Practica această ocupație mai mult pentru a-și întreține existența. «Pentru ca acel ce caută adevărul să poată a-și continua ocupația, — zicea savantul, — are nevoie de mîncare și de un acoperiș deasupra capului. Cine n-are aceste lucruri devine rob, dar cine dorește să fie rob? Dacă eu alcătuiesc calendare și almanahuri, aceasta, desigur, iartă-mă Doamne, e o mare robie, robie necesară la etapa dată. Mai bine să alcătuiești almanahuri despre prezicerea soartei, decît să ceri de pomană, — se scuză savantul. — Astrologia este fiica astronomiei, deși nelegitimă. Și oare nu-i firesc ca fiica să-și hrănească mama, care altfel ar muri de foame?»

Tainele cosmosului au stăpinit mai apoi toate gândurile și aspirațiile tinărului savant.

Cînd i-a apărut prima carte: «Taina Universului», Kepler a trimis cîte un exemplar lui Galilei și Brahe. Ei au apreciat elogios lucrarea, întrezărind în Kepler un savant de forță. Mai tîrziu Brahe îl va invita să lucreze împreună: «Vino, dragă Kepler, nu ca un străin, ci ca un prieten, vino și vom face observații împreună, cu aparatele ce le am la dispoziție».

Venind la Brahe, care între timp se stabilise la Praga, Kepler primește însărcinarea să găsească orbita celei mai «dificile» planete, a planetei Marte. Tinărul savant a hotărît să rezolve problema în 8 zile, care s-au transformat apoi în 8 ani. În curînd Brahe moare, lăsînd lui Kepler ca moștenire datele tuturor observațiilor sale asupra planetelor. Date asupra cărora Kepler a lucrat pînă la sfîrșitul vieții sale (mai bine de 25 de ani).

Kepler a lucrat ca o mașină de calcul, nu înțiplător în manuscrisele lui s-a descoperit schița unui dispozitiv mecanic de calcul. De fiecare dată cînd rezultatele obținute nu coincideau cu datele lui Brahe, el o lua de la început, punînd la îndoială propriile calcule, dar nu observațiile învățătorului său. În cele din urmă, după ani și ani de muncă, Kepler deduce prima lege după care se mișcă planeta Marte, de altfel și toate celelalte planete din Sistemul Solar: 1) planetele în mișcarea lor în jurul Soarelui urmează orbite în formă de elipsă, cu Soarele situat în unul din focare.

Prin această lege Kepler a pus capăt credinței dogmatice în desăvîrșirea corpurilor cerești, care, chipurile, pot să se miște numai pe traiectoriile cele mai perfecte — pe circumferințe.

Celelalte două legi nu i-au cerut atîtea eforturi, deoarece cea mai mare parte a muncii a fost depusă în timpul găsirii primei legi; 2) linia imaginată (sau raza vectoare), care unește Soarele cu planeta, descrie arii egale în intervale egale de timp; 3) pătratele perioadelor de revoluție ale planetelor în jurul Soarelui sînt proporționale cu cuburile semiaxelor mari ale orbitelor lor.

Trei legi, trei blocuri de granit, pe care se sprijină edificiul astronomiei. Anume pe baza acestor legi marele Newton a formulat legea atracției universale — explicație cantitativă, dinamică a structurii Sistemului Solar.

Copernic «a smuls» Soarele de pe bolta cerească și l-a plasat în spațiu. Dar în noul lui sistem el n-a intuit forțele ce mișcă planetele, deși vorbește de forța de greutate, care menține apa, aerul și celelalte corpuri de pe suprafața globului pămîntesc. Nici Kepler n-a intuit forțele de gravitație. A făcut acest lucru Newton.

După el, fiecare atom era centrul lumii întregi, adică a nemărginirii, și fiecare sta în legătură cu toate lucrurile lumii.

«Moș Iosif»

Isaac Newton s-a născut la 4 ianuarie 1643 la Woolsthorpe, Anglia. Tatăl i-a murit înainte de a se naște. De mic era slăbuț, bolnăvicios și timid, însă cu un spirit inventiv de invidiat. Meștereste o moară minată de un șoricel, dăltuiește în peretele casei un cadran solar (el se mai păstrează și astăzi la Societatea Regală din Londra), inventează un orologiu din lemn...

Avînd nevoie de un bărbat pentru a conduce gospodăria, mama îi întrerupe învățătura. Dar Isaac nu este entuziasmat de perspectiva de fermier. Cînd asupra meleagurilor natale s-a abatut o furtună și toți se străduiau să-și salveze bunurile, Isaac măsura viteza vîntului, sărînd după și contra vîntului.

La insistența unui unchi, Isaac este dat din nou la școală. La 18 ani devine student la Trinity College din Cambridge (viitorul «cuib de genii») Această universitate îl va adăposti timp de 35 de ani. La vîrsta de 26 de ani devine profesor, iar la 30 de ani, pentru inventarea telescopului cu reflector, este ales membru al Societății Regale.

În 1665—1668, din cauza epidemiei de ciumă, se refugiază acasă, la țară. Din fericire, acei ani de izolare au fost cei mai fructuoși pentru savant. Aici, în liniștea naturii, el deduce teorema binomului ce-i poartă numele, pune bazele calculului diferențial și

integral, descoperă că lumina albă este compusă din șapte culori de bază, se preocupă insistent de gravitație. Acestor probleme își consacră întreaga viață. Principalul său instrument de investigație a fost matematica, deși mult timp îi luau și experiențele. Cu ajutorul matematicii Newton a cercetat lumea materială și a dezvoltat o nouă concepție despre ea. Natura este unică.

*Căci acelorași mijloace
Se supun cîte există.*

«Glossă»

De pe această poziție atacă și rezolvă problemele. Cu uriașa sa intuiție izbutește să cuprindă aproape toate fenomenele naturii în câteva principii simple (astăzi cunoscute ca cele 3 legi ale lui Newton și legea atracției universale).

Legea întâia: corpurile în mișcare de translație își păstrează viteza constantă, dacă asupra lor nu acționează alte corpuri sau dacă acțiunea acestor corpuri se compensează.

Planetele și cometele își păstrează mult timp mișcările lor eliptice, dat fiind că ele se mișcă în medii rarefiate, care le opun o rezistență foarte mică.

Legea a doua: forța care acționează asupra unui corp ($\vec{F}$) este egală cu produsul dintre masa corpului (m) și accelerația ($\vec{a}$), comunicată de această forță ($\vec{F} = m \cdot \vec{a}$).

Dacă o forță oarecare, care acționează asupra unui corp, produce o accelerație anumită, o forță dublă va produce o accelerație de două ori mai mare, una triplă — de trei ori mai mare ș. a. m. d.

Legea a doua a lui Newton are o proprietate foarte însemnată — este invariantă față de așa-numita operație de inversiune a timpului, de înlocuire a timpului t prin $-t$.

*Un orologiu care în loc de-a-îmbla-nainte
S-ar tirii-ndărăt.*

«Andrei Mureșanu»

(Această proprietate o vor păstra și ecuațiile lui Einstein). Înlocuind în ecuația ce descrie, de exemplu, mișcarea unei comete în jurul Soarelui t prin $-t$, vom obține o mișcare tot pe aceeași traiectorie, dar în direcție opusă. Legile dinamicii însă nu se vor schimba deloc: apropiindu-se de Soare, cometa își va mări viteza, îndepărtându-se — își va încetini viteza.

Legea a treia: forțele, cu care două corpuri acționează unul asupra altuia, sînt totdeauna egale ca mărime și opuse ca direcție. Dacă vom apăsa cu degetul asupra unei mese, masa, la rîndul ei, va apăsa asupra degetului cu o forță de aceeași mărime.

Din această lege reiese și legea conservării impulsului (produsului dintre masa corpului și viteza lui). Impulsul sumar al unui sistem închis, ce nu interacționează cu alte corpuri exterioare, nu variază în urma interacțiunii corpurilor din sistem. Dacă un pitic și un uriaș, aflați în repaus pe o gheață netedă (impulsul lor total este egal cu zero), își vor da cite un ghiont, ei vor obține impulsuri egale ca mărime și opuse ca direcție (impulsul lor total rămînînd, însă, nul). Astfel vitezele lor vor fi invers proporționale maselor: piticul se va mișca cu o viteză mai mare.

Mai tîrziu, pe baza legii a treia, marele savant rus Țiolkovski a dedus legea mișcării reactive, lege ce stă la baza funcționării tuturor rachetelor.

Analizînd aceste trei legi ale mișcării, Newton ajunge la concluzia că izvorul forțelor, care dirijează mișcarea planetelor în spațiu, este Soarele. Legea a doua a lui Kepler a fost pentru savant un indice strict, că forțele care acționează asupra «stelelor rătăcitoare» sînt îndreptate spre Soare. Din legea a treia a lui Kepler, Newton deduce: cu cît planeta se află mai departe de Soare, cu atît forța este mai slabă. Comparînd orbitele ale două planete aflate la distanțe diferite de la Soare, a constatat că forța de atracție este invers proporțională cu patratul distanței. Combinînd apoi ambele legi, Newton stabilește că între o planetă și Soare acționează o forță de atracție invers proporțională cu patratul distanței dintre planetă și astru.

*Sau ghicit-ați vre odată, ce socoate-un mindru soare,
Cind c-o rază de gândire ține lumi ca să nu zboare,
Să nu piard-a lor cărare, să nu cadă-n infinit?*

«Memento mori»

Generalizînd acest lucru pentru toate corpurile materiale din Univers, el a formulat legea atracției universale, sau legea gravitației: oricare două corpuri materiale din natură se atrag unul pe altul cu o forță F direct proporțională cu masele lor (M_1 și M_2) și invers proporțională cu pătratul distanței (r^2) dintre ele $F = G M_1 M_2 / r^2$, G — constanta atracției universale. Forța de atracție totdeauna e îndreptată de-a lungul liniei drepte, ce unește centrele maselor corpurilor care interacționează.

Newton postulează că acțiunea are loc la distanță, adică interacțiunea dintre corpuri se transmite la distanță imediat, fără careva «agenți de legătură», fără ca corpurile să vină în atingere.

Deci, în natură există o lege universală, conform căreia toate corpurile se atrag. Se atrag Soarele și Pământul, Pământul și Luna, Luna și marea, mărul și Pământul, două pietre ș. a. m. d. La baza mișcării corpurilor cerești stă legea atracției universale și nu armonia cifrelor.

Cu ajutorul forței de gravitație Newton a explicat, de ce Soarele, planetele, sateliții planetelor au formă sferică — la formarea acestora diferite părți ale lor s-au atras între ele, pînă cînd, luate împreună, au obținut o formă sferică.

Aplicînd legea gravitației la mișcarea planetelor în jurul Soarelui, Newton a dedus matematic cele trei legi ale lui Kepler. Legea atracției, însă, nu le «dictează» orbitelor planetelor o anumită dimensiune, după cum credeau pitagoricienii. Mărimile lor au fost determinate de condițiile mișcării, care au existat în momentul formării Sistemului Solar. Ele au putut să fie oricare altele. Dacă, bunăoară, pe lângă Sistemul Solar ar trece un astru, el ar schimba complet traiectoriile planetelor.

De ultima lege a lui Newton este legată o poveste nostimă — cea a mărului. Din nou

Să-mi deie-un măr, în care închisă e o lume...

«Codru și salon»

Se spune că legenda mărului a pornit în lume de la Voltaire, care a povestit că odată, cînd Newton se plimba prin grădină cufundat în gînduri, dintr-un pom a căzut un măr. Acest fapt l-a făcut să se întrebe, cît de înalt trebuie să fie pomul, pentru ca mărul să nu cadă pe Pămînt. Și a ajuns la concluzia că chiar și în caz dacă vîrfurile copacului ar atinge Luna, acțiunea gravitației n-ar înceta. Legenda a plăcut la mai mulți și s-a răspîndit în întreaga lume. S-au aflat oameni, care au găsit acel «pom de măr», demonstrîndu-l oaspeților. «Pomul lui Newton» a fost admirat pînă în anul 1814, cînd într-o noapte a fost răpit de către colecționarii de relieve.

Dar nu toți erau entuziasmați de această legendă. Pe renumitul matematician german Gauss basmul îl irita. «Istoria cu mărul este o istorie prostescă,—zicea el.—A căzut mărul sau nu, faptul acesta n-are nici o importanță. Parcă se poate să te gîndești că un singur măr a putut să accelereze ori să frîneze o astfel de descoperire? Probabil, că la Newton a venit un om impertinent și l-a întrebat: «Cum de ai făcut o asemenea descoperire?» Newton, dîndu-și seama cu cine are de-a face și dorind să scape de el cît mai repede, i-a răspuns: «Mi-a căzut un măr pe nas», ceea ce a fost destul de convingător pentru omul acela mărginit.»

Mai tîrziu istoricii, totuși, au stabilit că povestea cu mărul a avut loc într-adevăr.

Ne uimește supărarea lui Gauss, care spunea că mărul nu putea nici să grăbească, nici să întîrzie descoperirea, deși sîntem de acord că descoperirea se datorește muncii insistente, intuiției colosale, gîndirii geniale a savantului, care putea să cuprindă în cîteva principii simple tot ce se petrece pe Pămînt și în Univers. Să urmărim, de exemplu, «regulile de filosofare», cu care Newton începe capitoul «Despre sistemul lumii» din cartea «Principiile matematice ale filosofiei naturale»:

Regula I. Nu trebuie să admitem mai multe cauze pentru lucrurile naturale, decât atâtea câte sînt și adevărate și suficiente pentru explicarea aparențelor ... Căci natura este simplă și nu face lux cu cauze superfluie ale lucrurilor.

Regula II. Și de aceea efectelor naturale de același fel trebuie să le atribuim întrucît se poate aceleași cauze.

Astfel respirația la om și animal; căderea pietrelor în Europa și în America; lumina focului din sobă și a Soarelui; reflexia luminii pe Pămînt și pe planete.

Regula III. Calitățile corpurilor care nu pot fi nici intensificate și nici slăbite, și care aparțin tuturor corpurilor cu care se pot face experiențe, trebuie considerate drept calități ale tuturor corpurilor.

... dacă prin experiențe și observații astronomice se constată în mod universal că toate corpurile din apropierea Pămîntului sînt grele față de Pămînt, și anume în raport cu cantitatea de materie din fiecare, și că Luna este grea față de Pămînt în raport cu cantitatea materiei sale, și că la rîndul său marea este grea față de Lună, și că toate planetele sînt grele una față de alta, și cometele la fel sînt grele față de Soare: trebuie să zicem potrivit acestei reguli că toate corpurile gravitează unul spre altul.

Regula IV. În filosofia experimentală, propozițiile deduse prin inducțiune din fenomene, trebuie considerate sau precis sau aproximativ adevărate, chiar dacă le stau împotriva ipoteze contrare, pînă ce se vor ivi alte fenomene prin care devin sau mai precise sau supuse excepțiilor.

Aceasta trebuie să aibă loc pentru ca nu cumva argumentul inducției să fie nimicit prin ipoteze.

Avea dreptate Daniel Bernoulli (1700—1782), cînd, referindu-se la lucrările lui Newton, spuse: «Cunosc leul după ghiare».

Newton ca nimeni altul și-a dat seama de complexitatea noțiunilor fizice — «spațiu», «timp», «masă», «cauzalitate», de aceea în opera sa le-a acordat o deosebită atenție.

Aceea sunt legile ciudate cărora natura trebuie să li se supună. Aicea-i timpul cu regulile lui matematice, aicea spațiul cu legile geometrice, aicea cauzalitatea cu «necesitatea ei absolută...»

«Archaeus»

«Spațiul absolut, considerat în natura sa, fără nici o relație cu ceva extern, rămîne totdeauna asemenea și imobil». «Timpul absolut, adevărat și matematic, în sine și după natura sa, curge în mod egal fără nici o legătură cu ceva extern și cu un alt nume se cheamă și durată».

Spațiul newtonian este tridimensional și euclidian, iar timpul «se scurge» în el pretutindeni la fel. (Noțiunea de timp este asemănătoare celei de linie dreaptă din geometrie, numai că «trasă» din trecut în viitor.) Universul, în concepția lui Newton, se întinde în toate direcțiile la infinit, iar timpul în el curge ca un rîu fără început și fără sfîrșit, independent de evenimentele și procesele concrete.

*Și noaptea-înșiră ceasuri pe firu-i incolor
Ca riul care-și mină trecutu-n viitor.*

«Povestea magului călător în stele»

Rîul timpului e un rîu ce curge într-o singură direcție — din trecut spre viitor, — nu și îndărăt. Această nouă reprezentare a timpului purta de-acum cu sine și noțiunea de «săgeata timpului», dibuită de antici.

Problema cu «săgeata timpului» a trezit un mare interes în rîndul învățaților. Ei nu o dată s-au întrebat în trecut și se întreabă și în prezent: oare nu se poate întîmpla ca «săgeata timpului» să se întoarcă în direcție opusă? Ceea ce în limbajul lui Eminescu ar însemna să avem «un orologiu care în loc de-a îmbla-nainte s-ar tîrî-ndărăt...». Azi oamenii de știință leagă problema «săgeții timpului» de ireversibilitatea proceselor din natură, de condițiile care au existat în Univers la începutul evoluției lui, momente la care vom mai reveni.

Spațiul și timpul erau privite de Newton ca o scenă, pe care se joacă drama evoluției Universului. Spațiul absolut era considerat ca un criteriu absolut al repausului, față de care se putea determina

mișcarea absolută a corpurilor. Inerția corpurilor, după Newton, este o consecință a acțiunii asupra lor a spațiului absolut. Dar cum poate să acționeze spațiul asupra materiei, dacă materia nu influențează deloc spațiul?

Adepții filosofului francez Rene Descartes (1596—1650), printre care a fost și contemporanul lui Newton Wilhelm Leibniz (1646—1716), erau de altă părere: spațiul fără materie nu există, la fel cum nu poate să aibă loc o interacțiune fără un mediu intermediar, fără un «agent de legătură».

Noțiunile de spațiu și timp ale lui Newton în viața de toate zilele sînt utilizate și astăzi. În știință, însă, ele au dominat numai pînă la apariția teoriei relativității a lui Einstein. La Newton noțiunile de spațiu și timp sînt absolute, rigide, separate între ele și rupte de materie — diametral opuse noțiunilor einsteiniene. Anume în aceasta și constă deosebirea principală dintre mecanica clasică a lui Newton și teoria relativității.

În 1672 savantul francez Jean Richer (1630—1696), aflîndu-se într-o expediție astronomică în America Latină, cîntărește cu ajutorul unui cîntar cu arc niște obiecte, greutatea cărora îi era bine cunoscută. Spre marea lui mirare, aceste corpuri cîntăreau la ecuator mai puțin decît la Paris. Oare masa corpului este o caracteristică, care depinde de locul unde se află obiectul pe glob? — se întrebă savantul. Explicația a fost dată de Newton, care primul a observat deosebirea dintre masa corpului și greutatea lui. Tot el a definit masa ca măsură cantitativă a inerției corpurilor, proprietatea lor de a-și păstra starea de repaus sau de mișcare, pe care o posedă, opunînd rezistență schimbării ei. Această masă inertă (m_i) e cu atît mai mare, cu cît e mai mare forța necesară pentru a schimba viteza corpului cu o unitate într-o unitate de timp ($m_i = F/a$). Din această cauză spunem, bunăoară, că masa unui harbuz e mai mare decît masa unei mingi, deoarece pentru a-i comunica harbuzului o accelerație egală cu cea a mingii, trebuie să aplicăm o forță cu mult mai mare. Inerția, însă, nu este unica manifestare a masei corpului.

Forța de greutate, forța F , cu care, de exemplu, Pămîntul atrage un corp situat la suprafața sa, depinde nu numai de masa corpului (m_g), dar și de masa Pămîntului M_p și raza lui R : $F = GM_p m_g / R^2$. În acest caz masa corpului se manifestă prin forța sa de greutate, de aceea ea se numește masă gravitațională (m_g), spre deosebire de cea inertă (m_i). Ceea ce a observat Richer că se schimbă este greutatea corpului P , forța cu care corpul apasă asupra unui reazem sau a unei suspensii. Ea de acum depinde atît de masa corpului cît și de raza lui (în cazul de față a Pămîntului), cît și de viteza liniară (datorată rotației ultimului) a locului pe glob unde se află corpul, a cărei greutate se măsoară. Din această cauză greutatea unui corp (deși el are una și aceeași masă, oriunde s-ar afla) diferă atît la trecerea lui de pe un corp cît și pe altul (de exemplu, de pe Pămînt pe Lună), cît și la trecerea lui de la o latitudine la alta.

Greutatea și masa corpului sînt, deci, două noțiuni complet diferite. Masa reprezintă o noțiune mai fundamentală și mai importantă. Dar masa poate fi determinată prin două metode independente — folosind legea a II-a a lui Newton ori legea atracției universale. Oare aceste două metode nu dau unul și același rezultat?

Dînd drumul de pe un turn la beșici de porc umplute cu apă, grîu, nisip, sare ș.a.m.d., Newton s-a convins că corpurile cu greutate egale cad în timpi egali (obțin aceleași accelerații). De aici celebrul savant a tras concluzia că masa gravitațională și cea inertă sînt egale între ele. Ce-i drept, el considera că aceasta e o coincidență întîmplătoare. Mai tîrziu Einstein va vedea în relația $m_i = m_g$ o profundă semnificație fizică.

Prin formularea noțiunilor fundamentale și prin legile pe care le-a descoperit, Newton a creat un tablou integrat al lumii, tablou care a dominat știința pînă la Einstein. Cu ajutorul sistemului matematic de ecuații formulat de Newton se putea de descris evoluția în timp a oricărui sistem mecanic. În 1682 prietenul său, astronomul Edmund Halley (1656—1742) calculează orbitele a 24 de comete.

Halley observă următorul lucru: cometele din anii 1531, 1607, 1682, care aveau diferite «nume de botez», se asemănau foarte mult după orbite. De aici el a tras concluzia că cele «trei» comete sînt... una singură. Aceeași cometă, afirma astronomul, revine cu regularitate în apropierea Pămîntului. Mai mult decît atît, savantul prezice o viitoare întoarcere a ei peste 75 de ani. În 1759 cometa s-a întors, dar, din păcate, Newton și Halley nu mai erau în viață. Cometa, care de atunci poartă numele lui Halley, niciodată n-a dezmințit legea atracției universale. De acest lucru ne-am convins și noi în 1986, cînd cometa din nou și-a făcut apariția pe pînza nocturnă a cerului.

Dar oare nu se poate măsura forța atracției universale aici, pe Pămînt, în condiții de laborator? Ce-ar fi să se ia două sfere de plumb și să se măsoare forța de atracție dintre ele? Experiența s-a dovedit a fi foarte dificilă și a fost efectuată pentru prima dată abia în 1798 de către experimentatorul scoțian Henry Cavendish (1731—1810).

Determinînd constanta G , care astăzi îi poartă numele, Cavendish a reușit să determine cu o precizie destul de mare masa Pămîntului; din acest motiv învățatului i se mai spune «omul care primul a cîntărit Pămîntul». De acum cu ajutorul faimoasei legi a lui Newton se putea cîntări orice corp ceresc: Luna, Soarele, planetele și sateliții lor...

Legea atracției universale elucida și alte probleme. Dat fiind că dimensiunile globului pămîntesc se cunoșteau, determinînd constanta G , prin urmare masa Terrei, Cavendish a putut să determine densitatea medie a Pămîntului. Conform calculelor, ea o depășea pe cea a apei de 5,5 ori. Densitatea celor mai tari roci o întrece pe cea a apei cel mult de 2—3 ori. De aici savantul a conchis, că în interiorul Pămîntului trebuie să existe un nucleu cu o densitate foarte mare, ce o depășește pe cea a apei de vreo 10 ori. Cercetările seismologice efectuate în zilele noastre au confirmat acest lucru.

Dacă legea lui Newton e universală, atunci, — și-au zis savanții, — în afară de atracția planetelor de către Soare ar trebui să mai existe și o atracție

între ele. Prin urmare, traiectoriile lor ar trebui să se deosebească de elipsă. Analiza mișcărilor lui Jupiter și Saturn concordau cu observațiile astronomilor, pe cînd traiectoria calculată pentru Uranus — nu. Legea atracției era pusă în pericol.

Doi matematicieni, John Adams (1819 — 1892) în Anglia și Urbain Le Verrier (1811—1877) în Franța, independent unul de altul, au presupus că există o planetă necunoscută, care influențează mișcarea lui Uranus. Pornind de la teoria lui Newton, ei au calculat locul unde ar trebui să fie acea planetă și l-au indicat astronomilor. Astfel, în 1846 a fost descoperită planeta Neptun. Similar a fost descoperită în 1930 și planeta Pluto. Toate acestea erau o dovadă a viabilității legii lui Newton, a universalității ei în cazul Sistemului Solar. Dar este ea oare valabilă și la distanțe mai mari în comparație cu distanțele dintre planete și Soare? Se atrag oare stelele la fel ca și planetele?

Făcînd observații asupra stelelor și comparînd pozițiile lor cu cele de pe harta lui Hiparh, alcătuită pînă la era noastră, Halley observă în 1718 că în timpul care s-a scurs steaua Sirius și încă alte cîteva stele s-au deplasat din locurile lor. Lucru ce însemna că stelele nu-s «întinuite locului» și, deci, nu avem o boltă cerească rigidă. Astronomul german Friedrich Bessel (1784—1846) ia sub control steaua Sirius și în anii 1842—1844 observă că ea se abate periodic cînd într-o parte, cînd în alta de la poziția centrală. Bessel a efectuat pe baza legii lui Newton calculele respective și a ajuns la concluzia că Sirius are un companion invizibil. În 1862 acest satelit — o stea — a fost descoperit. De altfel, ea este prima stea pitică albă, descoperită de astronomi.

Gravitația persistă și la distanțe mai mari ca cele dintre stelele duble. Fotografiiile aglomerațiilor de stele, efectuate la telescoapele moderne, demonstrează că ele au forma unor sfere cu densitatea crescîndă spre centru. Diametrul unor asemenea aglomerații de stele este de ordinul a o sută de mii de diametre ale Sistemului Solar. Și galaxiile, care au dimensiunile de ordinul a 100 de mii de ani-lumină, de asemenea, au formă determinată de gravita-

ție. S-a observat că și galaxiile tind să se îngrămădească în nori, dimensiunile cărora măsoară zeci de milioane de ani-lumină. Deci, forța de gravitație cu adevărat are o natură universală. (Ce-i drept, la distanțe foarte mari și pentru mase enorme gravitația se supune altor legi — legilor teoriei relativității.)

Legile descoperite de Newton erau îmbrăcate în haină matematică. Cu ajutorul formulelor se putea de acum descrie mișcarea corpurilor și pe viitor, dacă se cunosc coordonatele și vitezele lor la momentul dat. Pornind de la aceasta, savantul francez Pierre Laplace (1749—1827) a tras concluzia că, dacă s-ar cunoaște coordonatele și vitezele tuturor particulelor din Univers, precum și forțele care acționează asupra lor, s-ar putea descrie evoluția lumii pe viitor până la amănunte, până și la căderea unui fir de păr din capul cuiva. Acesta este așa-numitul determinism laplacian.

*Putut-a ca să fie
Și altfel de cum este tot ceea ce există,
Sau e un trebui rece și neînălțurat?*

«Andrei Mureșanu»

Laplace pleda pentru «un trebui rece și neînălțurat», de parcă întreg scenariul lumii de mult a fost filmat și acum e doar derulat. Ceva neprevăzut în marea «mașinărie a lumii» poate să se întâmple doar din motivul că oamenii nu dispun de toată informația necesară despre Univers. Eminescu ironiza pe seama acestei credințe.

*Potrivim șirul de gânduri p-o sistemă oarecare,
Măsurăm mașina lumii cu acea măsurătoare.*

«La moartea lui Neamtu»

Desigur, determinismul laplacian pretindea la mai mult decât i se cuvenea. Cu toate acestea, el a deschis cale largă noțiunii de cauză și efect, iar aceasta din urmă presupune deja atât existența timpului, cât și asimetria lui.

Ideile lui Laplace nu erau cu totul noi. Încă fizicianul englez Robert Boyle (1626—1691), fiind încântat de mersul ceasornicelor, a îndrăznit să com-

pare Universul cu un ceas cosmic perfect, pus în mișcare, odată și pentru totdeauna, de către iscusi-
tul meșter-ceasornicar al lumii — de Demiurg.

*Tocmai așa cum un ceasornicar face și pune pe rind
toate rotițele și pana ceasornicului, așa D-zeu mai întâi
pământul l-a făcut ca o roată ne-nsemnată și după aceea
abia a făcut roata cea mare și, mijlocul sistemii, soare-
le.*

«Moș Iosif»

Dar dacă ceasornicul obișnuit trebuie întors, cel astronomic — nu, fiindcă el măsoară timpul universal — «al astrilor timp».

Căci sorii scriu timpu-n acest univers.

«Povestea magului călător în stele»

Probabil că raționamente de acest gen despre Univers, despre «timpul astrilor» l-au făcut pe Newton să introducă noțiunile de spațiu și timp absolut.

În contextul celor spuse mai sus, nu era lipsit de interes nici trecutul «mașinei lumii». Cum s-a creat Sistemul Solar? Este el oare stabil sau nu? Newton a lăsat aceste întrebări pe seama Demiurgului. Tînărul Laplace, academician la vârsta de 23 de ani, prea credea în rațiune, pentru ca să lase pe seama lui Dumnezeu asemenea probleme. Drept culme a rațiunii el considera astronomia. Astronomia,—scria Laplace,—este un monument al măreției omului, cea mai înaltă atestare a rațiunii umane. Omul, pradă a propriilor sentimente, încântat de sine, mult timp socotea Pământul centrul lumii, în jurul căruia se săvîrșesc toate mișcările cerești. Dar înfumurarea sa era pedepsită prin frica pe care i-o insuflau stelele. Secole de muncă asiduă ridică, însă, vîlul, care ascundea sistemul lumii. Acum este cunoscut că omul locuiește pe o planetă micuță, aproape invizibilă în spațiul enorm al Sistemului Solar. Sistemul Solar, la rîndul său, nu-i decît un punct în necuprinsul spațiului ceresc. Inseși urmările grandioase ale acestei descoperiri pot servi ca o alinare pentru om. În pofida puținului loc, care-i este destinat în Univers, descoperirile lui sînt o dovadă grăitoare a măreției sale — el a măsurat cerul, avînd la dispoziție o bază atît de minusculă.

În 1796 apare cartea lui Laplace «Sistemul lumii», în care pe baza legii atracției gravitaționale, a unor raționamente fizice și matematice el își expune concepția asupra formării Sistemului Solar. Conform teoriei lui, Soarele, toate planetele și sateliții lor au o origine comună. Cândva a existat o «nebuloasă primitivă» de praf, de formă sferică, care ocupa un spațiu enorm (mai mare ca cel al Sistemului Solar de azi) și care se rotea încet și uniform. De altfel, multe din ideile matematicianului și astronomului Laplace referitoare la formarea astrilor erau similare cu cele ale filosofului Immanuel Kant (1724—1804) atât de venerat de Eminescu.

Toate-s praf...

«Epigonii»

Treptat nebuloasa se răcea și se contracta. Dat fiind că dimensiunile nebuloasei se micșorau, (în conformitate cu legea conservării momentului cantității de mișcare) creștea viteza ei unghiulară de rotație. Aceasta avea drept consecință creșterea forței centrifuge de inerție, mai ales în partea ecuatorială, din care cauză nebuloasa lua o formă din ce în ce mai turtită, transformându-se treptat într-un disc. Când forța centrifugă era mai mare decât forța de atracție, din această «turtă cosmică» se desprindea câte un inel, care apoi treptat se «coagula» într-o masă sferoidală — viitoarele centre ale planetelor (la rîndul lor, aceste mase sferoidale, la o scară mai mică, sufereau aceeași evoluție). Inelele s-au desprins, pînă cînd în centru a rămas o masă stabilă și incandescentă — Soarele. Astfel Laplace reușește să explice fenomenele cunoscute atunci, că aproape întreaga masă a Sistemului Solar e concentrată în Soare, că planetele și Soarele se află aproape într-un plan, că planetele se rotesc în aceeași direcție pe orbite aproape circulare. Această ipoteză s-a menținut mai bine de 100 de ani, iar apoi a stat la baza cosmogoniilor contemporane.

De menționat că Laplace este autorul ipotezei existenței unor corpuri cerești cu mase enorme, atât de enorme, încît forțele lor de gravitație nu permit nici chiar unei raze de lumină să le părăsească. Ase-

menea corpuri, numite astăzi «găuri negre», sînt căutate insistent și azi în abisul cosmosului.

Următorul «capitol», la care au început să lucreze învățații, a fost cel despre locul nostru în Univers. Primul lucru ce ne atrage atenția într-o noapte senină este cerul înstelat. Pe întinsul lui observăm o dungă luminoasă, care împarte bolta în două părți. Aceasta este Calea Lactee sau, cum i se mai spune în popor, Drumul ciobanului ori Calea robilor. Ultima denumire românii i-au dat-o pe timpul năvălirii tătarilor din Crimeea. Cei luați în robie adeseori fugeau spre Moldova lor mult iubită. Mergeau numai noaptea și se orientau după Calea Lactee, probabil contemplînd-o. De fapt, pe cine n-a vrăjit acest drum ceresc? Începînd cu poezii antichității lui întruna i se închină frumoase poezii. Dar numai Galilei, primul care a îndreptat o lunetă spre Calea Lactee, a văzut o priveliște cu totul nouă față de ceea ce contemplaseră astronomii și poezii timp de milenii. Savantul a văzut drumul ceresc presărat de o puzderie de stele, ceea ce cu ochiul liber nu putea fi deslușit. Lumea se arăta mult mai complicată, decît o bănuiau oamenii.

Primul astronom, care și-a dat seama că Sistemul nostru Solar face parte din Calea Lactee, a fost William Herschel (1738—1822). Renumitul astronom s-a născut în Germania. De copil s-a simțit atras de operele lui Kepler, Galilei și Newton, pe care le citea cu multă pasiune. Un loc deosebit în viața savantului l-a ocupat și muzica. Mai bine de 20 de ani a consacrat el acestei arte minunate, obținînd succese remarcabile. Fiind invitat în Anglia, pentru a-i învăța pe muzicanții orchestrei militare, Herschel studiază profund matematica, fizica și astronomia, rămînînd adînc impresionat de aceste științe. Mai mult ca atît, el încearcă să construiască singur diferite aparate fizice, optice, printre care și un telescop. Era atât de captivat de astronomie, încît deseară făcea observații și în timpul pauzelor la concertele prezentate cu orchestra. Prin pasiunea sa a molipsit-o și pe soră-sa Carolina, care ulterior a descoperit 8 comete și 14 nebuloase. Herschel a descoperit planeta Uranus și 2 sateliți ai ei, 2 sa-

teliți ai planetei Saturn, a descoperit stele duble, vreo 800 de perechi, a ajuns la concluzia că stelele-s sori, că Universul e o Mare Adunare a sorilor ș.a.m.d.

Cu ajutorul telescopului tânărul savant începe pentru prima dată o studiere planificată a Universului, program pe care l-a numit «căuș stelar». Îndreptînd telescopul asupra unei porțiuni alese a cerului, astronomul număra stelele, apoi îndrepta aparatul asupra altei porțiuni mai îndepărtate și iarăși număra și tot așa seară de seară, pînă a numărat stelele la numeroase porțiuni. Determinînd numărul mediu de stele ce revin unei unități de suprafață a cerului, Herschel a calculat numărul total de stele, ce se văd pe cer.

*Cu-a tale lumi, cu mii de mii de stele,
O, cer, tu astăzi cifre mă înveși.*

«O, -nțelepciune, ai aripi de ceară!»

La început Herschel credea că stelele sînt repartizate uniform în spațiu, dar după ce și-a realizat programul său de lucru, în anul 1802, și-a dat seama că această «imensă formație de stele» este împrăștiată neuniform și are o tendință de a se uni în grupuri aparte. Și aceste «insule stelare» nu sînt altceva decît alte Căi Lactee — alte galaxii. Universul nu este altceva decît o galaxie de galaxii — o Metagalaxie.

Herschel mai observă că pe măsură ce te apropii de Calea Lactee, cu atît mai mult crește numărul de stele slabe. Iar însăși Calea Lactee constă dintr-o mulțime de stele slabe, care se contopesc într-o masă compactă strălucitoare, un brîu feeric, ce încinge cerul. Pornind de la acestea, savantul conchide: sistemul stelar se întinde de la Calea Lactee în toate direcțiile, dar, deoarece Calea Lactee străbate întregul cer, împărțindu-l aproape în două părți egale, rezultă că Sistemul Solar se află aproape în planul galaxial. Herschel credea că Sistemul Solar se află în centrul acestui disc stelar. Intemeietorul observatorului din Pulkovo, Vasilii Iakovlevici Struve (1793—1864) dovedește mai tîrziu că ultima deducție a lui Herschel nu este adevărată.

Mai apoi astronomul american Harlow Shapley (1885—1972), făcînd observații detaliate asupra cefeidelor (stele ale căror strălucire oscilează în timp), deduce că roiurile globulare de stele se grupează în jurul unui centru comun (asemănător planetelor în jurul Soarelui), centru care se află undeva în direcția Săgetătorului. Ceea ce înseamnă că centrul Galaxiei se află departe de la Soare. Adică noi ne aflăm la o margine a Căii Lactee, dar nu în centrul ei.

Dacă e adevărat că stelele sînt sori și au aceeași natură ca și Soarele nostru, de ce atunci — își puneă întrebarea Kepler — ele luate împreună nu întrec Soarele în strălucire? Primul care a văzut în această problemă un paradox a fost astronomul german Heinrich Olbers (1758—1840) (paradoxul îi poartă numele).

Fiecare dintre noi poate să verifice această experiență cosmologică. E de ajuns să privim noaptea la cer și imediat ne vom da seama, că el e întunecat și presărat de o mulțime de stele. Apare întrebarea — de ce cerul este întunecat? Mulți vor ridica din umeri și vor răspunde: cerul este întunecat, deoarece stelele, care se află foarte departe de Pămînt, luminează mult mai slab decît Soarele. Argumentele nu suportă critica. Presupunem că ne aflăm în mijlocul unei păduri mari. Oricît ne-am strădui să-i vedem marginea, nu vom izbuti, deoarece ne împiedică tulpinile copacilor. La fel e și în cazul cînd privim cerul înstelat. Dacă «pădurea stelară» se întinde la infinit, privirea noastră numaidecît va fi blocată de stele (asemenea tulpinilor copacilor din pădure). Orice linie dusă în oricare direcție ar fi, numaidecît se va întîlni cu o stea. Cu alte cuvinte, într-un spațiu infinit și populat uniform cu stele luminoase cerul trebuie să fie complet acoperit de stele. Ceea ce ar însemna că atunci, cînd toate stelele luminează ca și Soarele, cerul în orice punct ar trebui să fie tot atît de strălucitor ca și discul solar. În acest infern de lumină viața de pe Pămînt ar dispărea în cîteva secunde, atmosfera și oceanele ar fierbe în cîteva minute, iar Pămîntul s-ar transforma în vapori în cîteva ore.

În fața cosmologiei s-a pus o întrebare serioasă: ori spațiul este infinit și atunci ar trebui să avem un cer strălucitor ca Soarele, ori spațiul este finit și avem un cer întunecat. În analogie cu pădurea ultima teză ar însemna că ne aflăm în mijlocul unui grup de copaci, împrejmuiți de un perete întunecat, datorită cărui fapt se observă tulpinile rare ale copacilor pe fondalul întunecat al peretelui. Paradoxul a fost elucidat abia după apariția teoriei relativității.

Evoluția furtunoasă a mecanicii a dat impuls puternic și celorlalte ramuri ale fizicii. Un mare aport la dezvoltarea lor a adus genialul savant rus Lomonosov (1711—1765).

Mihail Vasilievici Lomonosov s-a născut nu departe de Holmogori, gubernia Arhanghelsk, într-o familie de țărani. Locuitorii din Arhanghelsk nu purtau «căpăstrul șerbiei» și de aceea aveau un nivel de cultură relativ mai ridicat ca în alte părți ale Rusiei. Mulți din ei erau pescari pasionați și navigatori iscusiți, cunoșteau bine Marea Albă și Oceanul înghețat de Nord.

Lomonosov de mic copil pleca cu tatăl său la pescuit. Condițiile aspre ale nordului i-au modelat o fire îndrăzneță, dîrză, i-au dezvoltat un spirit de observație ascuțit. Călătoriile în largul mării au lăsat o urmă adîncă în caracterul viitorului savant. Lor, probabil, li se datorează studiile valoroase asupra aurorei boreale, iar mai tîrziu—descoperirea atmosferei planetei Venus.

Efectuînd experiențe chimice în vase închise ermetic, Lomonosov demonstrează în 1756 că în procesul reacțiilor masa totală a substanțelor nu se schimbă: «cît se ia de la un corp, tot atîta se adaugă la altul». Legea conservării masei, descoperită de savantul rus, și independent de el de chimistul francez Antoine Lavoisier (1743—1794), este cu adevărat o lege fundamentală a proceselor din natură. Această lege Lomonosov o extinde și asupra mișcării (energiei): «un corp, care mișcă cu puterea sa un alt corp, pierde de la sine tot atîta energie, cît transmite celui alt corp, ce capătă mișcarea de la el». Legile conservării masei și energiei erau

considerate de talentatul holmogorian drept cazuri generale ale veșniciei materiei.

*Cînd unul trece, altul vine
În astă lume a-l urma,
Precum cînd soarele apune
El și răsare undeva.*

«Cu mîine zilele-ți adaogi...»

Conducîndu-se în cercetările sale de ideile de conservare a «materiei» și «mișcării», Lomonosov dovedește că focul și căldura se datoresc mișcării particulelor, din care sînt alcătuite corpurile care ard, anticipînd într-un fel teoria cinetico-moleculară a materiei. Savantul rus este primul care a formulat noțiunile de element și moleculă. El, de asemenea, susținea că fenomenele luminoase, electrice, magnetice și gravitaționale se datoresc unei materii unice, fine și fluide. Azi acestei concepții i se spune «teoria unificată a cîmpului».

Fenomenele termice erau cunoscute de oameni încă din cele mai vechi timpuri. Primăvara ei observau că odată cu creșterea temperaturii, totul din jur prinde viață: copacii, florile, gîzele... iar toamna, cu răcirea timpului, viața naturii încetează. Desigur, învățații doreau să explice și această enigmă a naturii.

La început căldura se considera un «lichid» special imponderabil, numit «termogen», care poate să treacă ușor de la un corp la altul. Mai era și un alt punct de vedere, legat de învățătura atomistă a anticilor. Corpul e cu atît mai cald, cu cît particulele lui proprii (atomii) se mișcă mai rapid, sînt mai «jucăușe». Deși îi avea adepți pe astfel de giganți ai gîndirii ca Newton, Lomonosov, Hooke, Boyle, Bernoulli, ultima concepție nu prea era răspîndită, deoarece ea nu era în stare să stabilească relații cantitative între diferite mărimi fizice, lucru pe care îl făcea «teoria termogenului».

Corpul s-a încălzit, ziceau adepții termogenului, a primit termogen, s-a răcit — l-a cedat. Faptul că majoritatea corpurilor la încălzire se dilată, iar la răcire se contractă părea să fie în concordanță cu teoria termogenului, căruia i se atribuia proprieta-

tea de a ocupa un spațiu. Dar au fost observate substanțe care se dilatau la răcire. O sticlă umplută cu apă și închisă ermetic, dacă era scoasă la ger, crăpa. O altă observație care aducea argumente în defavoarea termogenului — la încălzirea corpurilor masa lor nu se schimbă. Dacă termogenul e substanță, atunci ar trebui ca masa corpurilor la încălzire să crească.

Lovitura decisivă termogenului i-a fost dată de experiențele efectuate de fizicianul englez Benjamin Rumford (1753—1814). Savantul a observat că la găurirea țevelor de tun metalul se încălzește foarte tare. De unde apare căldura? — se întreba el. — Poate că corpul fărâmițat conține mai mult termogen decât cel întreg? Rumford reia experiența, dar la găurire folosește un sfredel tunchit. Așchii săreau mai puține și era logic, conform tezei enunțate, ca țeava să se încălzească mai slab. Dar de unde? Cu cât sfredelul era mai prost ascuțit, cu atât mai multă căldură se degaja. De aici savantul conchide: căldura nu este termogen, ci o proprietate a însuși corpului, un rezultat al mișcării particulelor lui.

Humphry Davy (1778—1829), învățătorul lui Faraday, efectuează o altă experiență, pe cât de simplă, pe atât de ingenioasă. Freacă două bucăți de gheață într-un vas închis ermetic, din care aerul era evacuat. Bucățile de gheață s-au topit. De unde s-a luat căldura? Din termogenul aerului? N-a avut cum, doar aerul fusese evacuat. Rămînea de presupus că ea a rezultat din lucrul (energia) efectuat de experimentator, pentru a învinge forțele de frecare dintre cele două bucăți de gheață.

Măsura cantitativă a căldurii, cantitatea de căldură, este pusă în legătură cu o variație a energiei.

Conceptul de energie, apărut încă înainte de Newton, astăzi constituie una dintre noțiunile principale ale fizicii. Lovind un cui, ciocanul îl deplasează în lemn. Ciocanul a dezvoltat o forță pe un drum oarecare, deci a efectuat un lucru. Capacitatea unui corp aflat în mișcare de a efectua un lucru se numește energie cinetică ($E = mv^2/2$; m — masa corpului ciocanului, v — viteza lui).

Ușor putem găsi exemple, cînd corpurile pot efectua un lucru, fără a se afla în mișcare: o piatră la marginea prăpastiei, o spirală întinsă sau comprimată, un balon cu aer comprimat, apa din bazinul hidrocentralei ș. a. m. d. Aceste obiecte posedă o capacitate latentă (sau potențială) de a efectua un lucru, dacă li se permite să fie puse în mișcare. Despre asemenea obiecte se spune că ele posedă energie potențială — capacitatea de a efectua un lucru, ca urmare a poziției lor față de alte corpuri sau a schimbării stării lor (obiectul ridicat de la Pămînt, întins, comprimat sau, în genere, deformat).

Calculule teoretice și experiențele au dovedit că atunci cînd lipsesc forțele de frecare și asupra corpului acționează numai forțe de elasticitate și de atracție gravitațională, suma energiei cinetice și a celei potențiale a corpului sau a sistemului de corpuri rămîne neschimbată. Aceasta este legea conservării energiei mecanice. Ea este aceea care nu permite crearea de «perpetuum mobile» de speța I.

Admițînd la început că energia corpurilor constă numai din energie cinetică și potențială, fizicienii au observat că în unele cazuri ea nu se păstrează. La frînarea unui tren energia lui potențială rămîne neschimbată, pe cînd cea cinetică devine egală cu zero. Energia de mișcare a trenului a dispărut, iar altă mișcare n-a apărut. Punînd mîna pe frîne, se poate observa că ele s-au încălzit. Energia cinetică a trenului s-a transformat în energie a microparticulelor frînei. Dar ce fel de energie: cinetică sau potențială? Mișcarea browniană demonstrează concludent: dacă gazul sau lichidul este încălzit, mișcarea moleculelor se întetește. Părea că se are de-a face cu o energie cinetică de mișcare a moleculelor. Însă căldura nu totdeauna schimbă temperatura, cu toate că schimbarea temperaturii totdeauna prezintă o schimbare a energiei de mișcare a moleculelor. De exemplu, pentru a topi o bucată de gheață, este necesar să i se transmită o cantitate de căldură, deși în procesul topirii temperatura nu se schimbă. La fel pentru a evapora o cantitate oarecare de apă aflată la temperatura de fierbere este necesară o anu-

mită cantitate de căldură, și iarăși temperatura nu crește.

Deoarece cantitatea de căldură transmisă corpurilor cristaline la trecerea dintr-o stare de agregare în alta nu duce la ridicarea temperaturii și, deci, la o mișcare mai agitată a moleculelor, aceasta înseamnă că ea nu schimbă energia cinetică a moleculelor, ci numai cea potențială. Într-un corp solid ea se consumă pentru a slăbi forțele de atracție dintre molecule sau atomi, și, în cele din urmă, corpul se topește, trece în stare lichidă. Dacă corpul este lichid, energia se consumă pentru a «despărți» unele molecule de altele, a transforma lichidul în vapori.

Cantitatea de căldură transmisă unui corp poate să se consume atât pentru variația energiei cinetice interioare a corpului, cât și a celei potențiale.

În 1843 fizicianul englez James Joule (1818—1889) determină echivalentul dintre energia mecanică și cantitatea de căldură. Cu ajutorul unor greutăți care cădeau, Joule pune în mișcare un ax cu lopățele aflat într-un vas cu apă. Datorită frecării dintre lopățele și apă, temperatura apei creștea. Măsurînd această creștere a temperaturii, savantul determina cantitatea de căldură primită de apă la cheltuirea unei cantități bine cunoscute de energie potențială la căderea greutăților.

Joule și-a consacrat întreaga viață stabilirii legăturii dintre cantitatea de căldură și diferite alte forme de energie (mecanică, electrică...). De aceea nu e întâmplător faptul că unitatea de energie îi poartă numele.

În anii 40 ai secolului trecut cercetătorul german Hermann Helmholtz (1821—1894) și medicul englez Julius Mayer (1814—1878) dovedesc în mod teoretic că orice fenomen din natură (nu numai mecanic) este dirijat de o lege universală — legea conservării energiei. Toate formele de energie descoperite ulterior se supun acestei legi. Se poate transforma un fel de energie în altul, se poate de transportat energia dintr-un loc în altul, dar nu se poate obține un surplus de

energie (mai mult de cât a fost inițial), sau ca o parte a energiei să dispară fără urme.

Lucrul poate fi transformat în căldură, dar fenomenul invers — transformarea căldurii în lucru — nu poate oare avea loc? În anul 1824 fizicianul francez Nicolas Carnot (1796—1832) demonstrează că asemenea proces e posibil, dar nu complet — nu toată căldura poate fi transformată în lucru. În plus la aceasta, transferul de căldură totdeauna are loc de la corpul cu temperatura mai ridicată la cel cu temperatura mai scăzută, din care cauză nu pot fi create «perpetuum mobile» de speța a doua.

Studiul proceselor termice l-a obligat pe fizicianul german Rudolf Clausius (1822—1888) să introducă un nou concept, devenit fundamental, cel de entropie. Entropia caracterizează degradarea energiei — transformarea tuturor formelor de energie a unui sistem în căldură pînă la egalizarea temperaturilor absolute ale tuturor corpurilor din sistem.

Analiza proceselor termice ce au loc în natură a dovedit că entropia Universului nu poate să se micșoreze. Procesele din lumea mare decurg numai într-o singură direcție: de la ordine spre dezordine — haos. Această direcție a proceselor din Univers și determină «săgeata timpului».

Ceea ce-nainte de doi ani se numea regele Tla este atom cu atom altceva decît ceea ce azi se numește tot cu același nume...

— «Avatarii faraonului Tla»

Acest proces nu poate evolua și într-o direcție cu timpul inversat. Faraonul Tla cel de azi niciodată nu poate să devină faraonul Tla cel de ieri. Aici se iscă întrebarea: unde în acest caz apare ireversibilitatea dacă procesul de descompunere a faraonului Tla se compune din mișcările unor particule ale lui, mișcări care, conform ecuațiilor lui Newton, pot fi reversibile în timp? Răspunsul e căutat și azi ... în geneza și evoluția Universului.

Studierea proceselor termice lăsau impresia că toate fenomenele din natură pot fi explicate prin interacțiunea mecanică dintre particulele materiei. Studiarea interacțiunilor electrice și magnetice, însă, a dezmințit acest lucru.

Prima lucrare științifică dedicată acestor fenomene a apărut în Anglia, în 1269. E vorba de «magnetismul» lui Petrus Peregrinus. În ea autorul studiază proprietățile magnetice ale diferitelor materiale. Urmărind orientarea piliturilor mici de fier în jurul unor roci mineraliere, Peregrinus a stabilit că liniile de forță (de orientare a piliturilor) sînt mai aproape una de alta în cazul cînd magnetul e mai mare (cîmpul magnetic e mai intens) și sînt mai rare în cazul unui magnet mai mic (cîmpul magnetic e mai slab). Pe lîngă aceasta, neobositul cercetător a mai observat că liniile de forță converg în două puncte ale rocii, la fel ca și meridianele Pămîntului, din care cauză autorul a numit cele două puncte — polul nord și polul sud al magnetului.

Un studiu sistematic al fenomenelor magnetice, cît și al celor electrice a fost efectuat de William Gilbert (1544 — 1603), medicul personal al reginei Elizabeta a Angliei, contemporanul lui Galilei și Kepler.

Gilbert este primul savant, care a ajuns la concluzia că Pămîntul este un magnet enorm, ce posedă și el doi poli magnetici, nord și sud. Savantul a magnetizat o sferă de oțel, pe care a numit-o «terrella» (pămîntel). Cu ajutorul unor busole mici a stabilit că terrella este un magnet cu doi poli diametral opuși. La ecuator acele busolelor se situau tangențial suprafeței, pe cînd la poli — perpendicular. Astfel el a demonstrat că acul magnetic se îndreaptă spre polii Pămîntului și nu ai cerului. Gilbert considera că și celelalte planete au magnetismul lor. În atracția magnetică el vedea o forță fizică cosmică. Pornind de la aceste idei ale lui Gilbert, Kepler a încercat să explice legile mișcării planetelor în jurul Soarelui, pe care-l considera un mare magnet («piatră a iubirii»), confundînd astfel forțele magnetice cu cele gravitaționale.

*O, dar pămîntul încă te ține
În niște lanțuri țesute-n rai.
De mult zburai tu în lumi senine —
De nu iubeai.*

«Ingere palid...»

Nu mai puțin valoroase sînt și cercetările lui Gilbert în domeniul electricității. Învățătul descoperă că proprietatea de a atrage corpuri ușoare, atunci cînd sînt frecate, o are nu numai chihlimbarul, ci și alte corpuri — diamantul, smaraldul, sticla, rășina, sarea...

Comparînd fenomenele electrice cu cele magnetice, Gilbert a observat că corpurile electrizate nu interacționează, dacă între ele se pune o hîrtie sau o bucată de stofă. Și dimpotrivă, magnetii interacționează, chiar dacă între ei se pun straturi întregi de asemenea materiale. Și aceasta are loc fără ca să fie frecăți de o bucată de stofă, indiferent dacă-s uscați sau umezi, dacă se află în aer sau în apă. Forțele magnetice sînt cu mult mai puternice decît cele electrice. Un magnet nu prea mare ușor atrage o țintă, pe cînd un corp electrizat de abia atrage bucățele nu prea mari de hîrtie. Magnetul nu se demagnetizează, dacă de el se apropie o flacăra, pe cînd o bucată de chihlimbar electrizată încetează să mai atragă corpuri ușoare. Toate corpurile electrizate atrag alte corpuri, pe cînd piatra magnetică acționează numai asupra celor cu proprietăți magnetice.

Forțele electrice și magnetice slăbesc odată cu creșterea distanței dintre corpuri.

În 1675 Robert Boyle dovedește că atracția electrică și cea magnetică are loc și în vid (pe atunci era cunoscut faptul că sunetul nu se propagă în vid.)

Prin anii 1730 Stephen Gray (1666—1736) de la Societatea Regală din Londra constată că electricitatea poate fi transmisă la distanță și că corpurile se împart în bune și rele conductoare de electricitate. Metalele, soluțiile acide transmit sarcina electrică, iar sticla, uleiurile — nu. Ofițerul și chimistul francez Charles Du Fay (1698—1739) observă că dacă două bucăți de sticlă sau de rășină electrizate se resping între ele, apoi o bucată de rășină și o bucată de sticlă electrizate se atrag. Astfel, s-a constatat că în natură există două feluri de electricitate — «rășinoasă» și «sticloasă». Concluzia principală, însă, a fost că forțele electrice, spre deosebire de

cele gravitaționale, sînt de două tipuri: de atracție și de respingere.

Printre cei mai serioși cercetători ai electricității se numără și Benjamin Franklin (1706—1790), acel care, după expresia lui Gheorghe Asachi, «din cer fulgerul răpit-au și schiptrul de la tirani». Anume el primul ajunge la concluzia că corpurile conțin în cantități egale electricitate «rășinoasă» și electricitate «sticloasă». Aceasta este una dintre cele mai mari descoperiri din domeniul electricității: materia neutră din punct de vedere electric în realitate constă din cantități egale de sarcini pozitive și negative.

Franklin înlocuiește denumirile electricităților «rășinoasă» și «sticloasă» prin «pozitivă» și «negativă», utilizate și astăzi. De altfel, el este și autorul cuvintelor: condensator, baterie, conductor, sarcină, bobină ș. a.

Toate aceste cercetări îl conduc pe Franklin la formularea primei teorii generale a electricității, bazată pe o concepție atomistică. O lege foarte însemnată descoperită de învățat este legea conservării sarcinii electrice.

«Natura este scrisă în limbaj matematic», — spunea adesea Galilei. Cunoștințele despre electricitate, acumulate de atîtea cercetători, necesitau o sistematizare în simple legi matematice, asemănătoare legilor mecanicii, formulate de Newton. Exista o speranță că ele pot fi reduse la ultimele.

Prima lege cantitativă a electricității este descoperită de fizicianul francez Charles Coulomb (1736—1806). Studiind interacțiunea dintre două bobite mici de soc încărcate, savantul constată că forța (F) dintre ele (de respingere, cînd bobitele au sarcini de același semn, și de atracție, cînd bobitele au sarcini de semn opus) este direct proporțională cu sarcinile bobitelor (q_1 și q_2) și invers proporțională cu pătratul distanței (r^2) dintre centrele bobitelor ($F = kq_1q_2/r^2$, unde k este un coeficient de proporționalitate (o lege asemănătoare a fost descoperită și pentru interacțiunea dintre doi magneți).

Legea descoperită de Coulomb se aseamănă foarte mult cu legea atracției universale a lui Newton.

Din această cauză se credea că ea este o dovadă a faptului că fenomenele electrice (la fel și cele magnetice) pot fi explicate, în ultimă instanță, de legile mecanicii. Rămînea numai de clarificat, de ce forțele electrice și magnetice sînt de două tipuri — de atracție și de respingere.

A experimenta cu electricitatea devenise o modă pentru toți. Fiziologii sperau să descopere cu ajutorul ei tainele vieții. În seara de 6 noiembrie a anului 1780 în laboratorul lui Luigi Galvani (1737—1798) din Bologna se adunaseră mai mulți colegi. În timp ce fiziologul diseca o broască, cîțiva discipoli ai săi experimentau cu o mașină electrică. Odată savantul observă un lucru ciudat — mușchii de la picioarele broscuței s-au contractat. Cercetînd cazul, Galvani a stabilit că contractarea are loc numai atunci, cînd din mașina electrică sar scînteii și numai în cazul cînd mușchii sînt în bun contact electric cu fibrele nervoase. Dacă mușchii și fibrele erau unite cu un bețișor de sticlă, fenomenul nu avea loc. Experiența lui Galvani a fost reluată de compatriotul său Alessandro Volta (1745—1827), un bun cunoscător al electricității.

Odată, pe cînd Volta experimenta cu două plăci — una de zinc și alta de cupru — între plăci, din întîmplare, a nimerit o bucătică de hîrtie udă. Aruncîndu-și privirea asupra electrometrului, unit cu plăcile, savantul observă că acul aparatului este înclinat mai tare decît în lipsa hîrtiei umede. Aceste experiențe l-au condus pe Volta la concluzia că suprafețele de contact dintre două plăci de metal diferite «trezește fluidul electric și-i impune o oarecare impulsie», numită de el forță (tensiune) electromotoare. Concluzia i-a generat noi idei realizate prin invenția în 1800 a primei pile electrice, numită de autor element galvanic — în cinstea fiziologului italian.

Experiențele cu pila lui Volta au evidențiat, de asemenea, și legătura dintre fenomenele electrice și chimice. Cu ajutorul curentului electric chimistul german Johann Ritter (1776—1810) descompune apa în hidrogen și oxigen. Experiențele au fost reluate apoi de către Davy, care a rezolvat enigma

elementului galvanic: «pare... rezonabil a afirma... că oxidarea zincului din pilă și schimbările chimice, care rezultă din aceasta, sînt într-o măsură oarecare cauza efectelor electrice, pe care le produc».

Între timp o nouă descoperire vine să confirme, că există o strînsă legătură între electricitate și magnetism.

În anul 1820 fizicianul danez Hans Oersted (1777—1851) a observat că dacă se apropie o busolă de un conductor prin care trece curent electric, acul busolei deviază. Prin aceasta el a stabilit că, deși electricitatea și magnetismul au proprietăți diferite, între ele există o legătură strînsă. Concomitent Oersted mai observă încă un lucru interesant. Asupra acului magnetic situat în cîmpul magnetic al firului cu curent acționează o forță îndreptată perpendicular pe linia ce unește conductorul cu acul, ceea ce era în total dezacord cu felul de comportare a forțelor coulombiene și newtoniene.

Experiența lui Oersted este reluată la Paris. Dominique Arago (1786—1853) stabilește că o pilitură de fier, împrăștiată pe o placă orizontală străbătută la mijloc de un fir conductor, se orientează după circumferințe concentrice în jurul firului, atunci cînd prin el trece curent.

Din aceste experiențe s-a tras concluzia că în jurul unui conductor prin care circulă curent electric, apare un cîmp magnetic.

În cazul unui conductor liniar cîmpul magnetic e slab. Arago și Andre Ampere (1775—1836) — «Newton al electricității» — stabilesc că atunci cînd conductorul este răsucit într-o bobină, cîmpul său magnetic este mult mai puternic. Dacă în interiorul spirelor bobinei se mai introduce și un miez de fier, cîmpul devine și mai puternic. Pe lîngă aceasta, miezul, de asemenea, capătă proprietăți magnetice, pe care și le păstrează și după îndepărtarea din bobină. Toate aceste experiențe l-au condus pe Ampere la ideea că cîmpul magnetic al unui magnet se datorează unor curenți circulari (asemănători celor din bobină) din interiorul moleculelor.

Mai tîrziu, în 1876, fizicianul american Henry Rowland (1848—1901) a efectuat o experiență inge-

nioasă, care a adus dovezi convingătoare în favoarea tezei lui Ampere. Rotind o sferă încărcată electric în jurul unui centru, în care se afla un ac magnetic, savantul a demonstrat că acul magnetic se situează într-o poziție perpendiculară față de orbita sferei, de parcă orbita ar fi un conductor prin care trece curent electric. În lumina experiențelor lui Oersted și a ipotezei lui Ampere poziția acului era explicabilă, dar a mai apărut un element nou. Forța cu care sfera în mișcare acționa asupra acului depindea și de viteza sferei, lucru necunoscut de mecanică. Această experiență indica direct că trebuie căutate noi idei, nemecaniciste, pentru explicarea fenomenelor electrice și magnetice. Ideile deja existau, le enunțase Faraday.

S-a stabilit, deci, că în jurul unui conductor, prin care trece curent electric, ia naștere un cîmp magnetic. Savanții și-au pus întrebarea dacă este oare posibil și fenomenul invers: combinînd într-un anumit mod un cîmp magnetic cu un conductor în mișcare, să se obțină curent electric.

Problema în cauză a fost rezolvată în 1831 de fizicianul englez Michael Faraday (1791—1867), un om dedat cu trup și suflet științei. Fizicianul a folosit mijloace foarte simple: un cilindru de lemn, pe care era înfășurat un conductor, un galvanometru și un magnet în formă de bară. Savantul a observat că la apropierea și îndepărtarea magnetului de bobină, acul galvanometrului, cu care se închidea circuitul, se abătea de la poziția nulă ba într-o parte, ba în alta, în dependență de sensul mișcării magnetului. Același lucru se întîmpla și în cazul cînd magnetul rămînea nemișcat, dar se mișca bobina. Cît timp se aflau în repaus una față de alta, curentul electric nu apărea: motiv ce explica eșecul suferit de toți experimentatorii de pînă la dînsul.

Faraday a mai descoperit și acțiunea cîmpului magnetic asupra luminii.

De altfel, el a enunțat ideea că lumea complicată a fenomenelor poate fi explicată cu ajutorul numai a cîtorva idei fundamentale. La baza tuturor fenomenelor, considera savantul, stau interacțiunile, cîteva la număr. O bună cunoaștere a proprietăților

interacțiunilor ar da posibilitate de a explica orice fenomen. De acest percept se țin azi savanții, care lucrează în domeniul fizicii particulelor elementare.

Pentru explicarea fenomenelor de generare a magnetismului de către electricitate și a electricității de către magnetism, Faraday introduce o noțiune nouă fizică—cea de câmp, una dintre cele mai complicate noțiuni ale fizicii. Și totuși, prin analogie vom încerca să pătrundem în esența ei. Când scoatem apă cu căldarea (găleata) din fântină, mușchii minii interacționează cu căldarea. Când ținem căldarea în mână totul este clar, dar cum stau lucrurile în cazul când ea se află în fântină? În cazul acesta interacțiunea dintre mușchi și căldare are loc prin intermediul lanțului. Și iată că câmpul, într-un limbaj mai simplu, este un asemenea lanț, care transmite interacțiunea, un «agent de legătură» dintre corpurile ce interacționează. Cu fiecare fel de interacțiune este legat un tip de câmp. Luna, de exemplu, se rotește în jurul Pământului datorită câmpului gravitațional — «lanțului țesut în rai». Un fier înroșit ne frige degetele fără să-l atingem. Fierul acționează asupra noastră prin intermediul câmpului electromagnetic (undelor electromagnetice). Ultimul exemplu, simplu și concludent ne demonstrează că materia poate să existe și sub o formă nouă — de câmp.

Faraday neagă existența spațiului absolut gol. Din punctul lui de vedere materia există pretutindeni, dacă nu sub formă de substanță, apoi sub formă de câmp. Conform teoriilor lui Faraday, spațiul participă la procesele din natură.

Conceptul de câmp i-a dat posibilitate savantului englez să explice legătura dintre fenomenele electrice și magnetice, fără ca să apeleze la ipoteza lui Newton — de «acțiune la distanță».

Schimbarea câmpului electric în urma mișcării sarcinii electrice totdeauna duce la apariția unui câmp magnetic. Cu cât mai rapid se schimbă mișcarea sarcinii, cu atât mai intens este câmpul magnetic creat de ea. Și invers — schimbarea câmpului magnetic duce la o schimbare a câmpului electric. Câmpul electric și câmpul magnetic sînt niște reali-

tăți, care poartă cu ele o rezervă oarecare de energie.

Formularea matematică a legilor câmpului a fost dată de James Maxwell (1831—1879), «geniu al Scoției». De pe la vîrsta de 10 ani James manifesta un interes deosebit față de geometrie. Rămăsese vrăjît de simetria pe care o descoperea la tot pasul la obiectele și fenomenele din jur. Putea să stea ore întregi și să construiască din carton diferite cuburi, piramide. De fiecare dată rămînea uimit cum, tăind colțurile lor, obținea poliedre regulate. S-a păstrat din acele timpuri o scrisoare a băiatului către tatăl său, în care-i scria: «Am construit un tetraedru, un dodecaedru și încă alte două edre, ale căror nume adevărate nu le cunosc».

Observînd interesul băiatului față de științe, tatăl, om erudit, l-a luat într-o zi la o ședință a Societății Regale. Aici James a ascultat cu un deosebit interes disputa oamenilor de știință asupra întrebării: cum de anticii puteau face obiecte ovale ideale, fără a cunoaște formulele matematice? Discuțiile aprinse n-au adus, însă, nici un rezultat — enigma rămăsese enigmă.

După acea ședință James era preocupat de problema discutată. Mereu se porăia cu o scîndură, niște ace și o ață. În sfîrșit, a inventat un compas amuzant. A înfipt cîteva ace în scîndură, iar după ele a trecut o ață, căreia i-a legat capetele. Cu ajutorul unui condei întindea ața și descria figuri. Dacă folosea numai un ac, obținea o circumferință, dacă două — o elipsă, dacă folosea mai multe ace, obținea figuri necunoscute. «Metoda propusă de feciorul Dumneavoastră, — îi scria un profesor de la Societatea Regală tatălui, — este cît se poate de simplă, ingenioasă și prezintă interes în teoria de construire a figurilor cu multe focare».

Astăzi această metodă este cunoscută de orice elev, numai că nu toți știu că ea a fost propusă de un băiat de vîrstă școlară.

La 19 ani Maxwell s-a înscris la Universitatea din orașul natal Edinburgh. După terminare a plecat la Cambridge, unde pe timpuri își făcuse studiile și marele Newton. Aici se evidențiază la început

prin versurile sale. Dar repede ia cunoștință de lucrările lui Faraday, care i-au deschis calea spre... nemurire. Maxwell își propune «să îmbrace în veston matematic» ideile lui Faraday despre câmpul electromagnetic. Reieșind din faptele experimentale, că la variația câmpului magnetic, în conductori se induc forțe electromotoare și curenți electrici, iar la variația câmpului electric și la curgerea curentului apare câmp magnetic, Maxwell a scris patru ecuații, care arată legătura dintre variația câmpului magnetic și distribuția spațială a celui electric și invers. După cum spun unii fizicieni, Maxwell «a logodit câmpul magnetic cu cel electric». Prin aceasta s-a demonstrat unitatea forțelor din natură, interdependența lor.

Probabil, că după scrierea de către Maxwell a acestui sistem de ecuații, învățații au înțeles că matematica este limba naturii și că necunoscând această limbă nu poți cunoaște frumusețea poetică a fizicii.

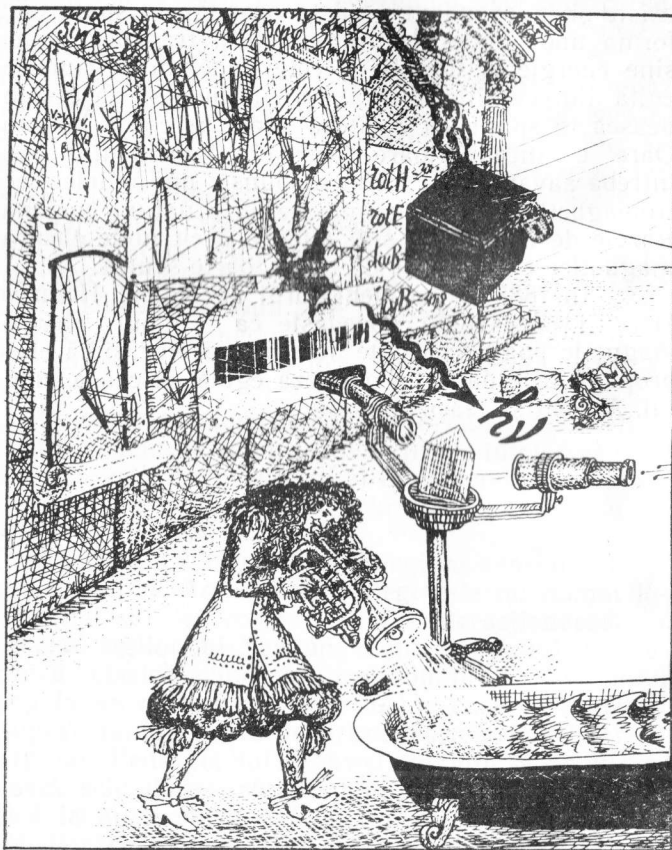
Ecuațiile lui Maxwell sînt legi ce exprimă structura câmpului. Arena acestor legi este nu numai locul unde se află corpurile care interacționează, ca în cazul legilor lui Newton, ci întreg spațiul. În mecanica clasică, cunoscînd coordonata și viteza unui corp la un moment dat și forța care acționează asupra lui, se poate de prezis traiectoria viitoare a corpului. Ecuațiile lui Maxwell permit să se urmărească schimbarea câmpului în spațiu și în timp, dacă la un moment dat se cunosc valorile caracteristicilor câmpului în întreg spațiul. Numai că spre deosebire de legile lui Newton, care «leagă evenimentele de aici cu condițiile de acolo», câmpul în punctul dat și la momentul dat este determinat de valoarea, care a avut-o câmpul în punctele învecinate la momentul precedent.

Electricitatea și magnetismul au putut fi înțelese pe deplin de abia după cunoașterea structurii atomului (vezi cap. 4).

Făcînd o analiză a sistemului de ecuații obținut, Maxwell conchide că câmpurile electrice și magnetice, deși sînt formate de corpuri ce posedă sarcini electrice sau de corpuri magnetizate, ar putea să

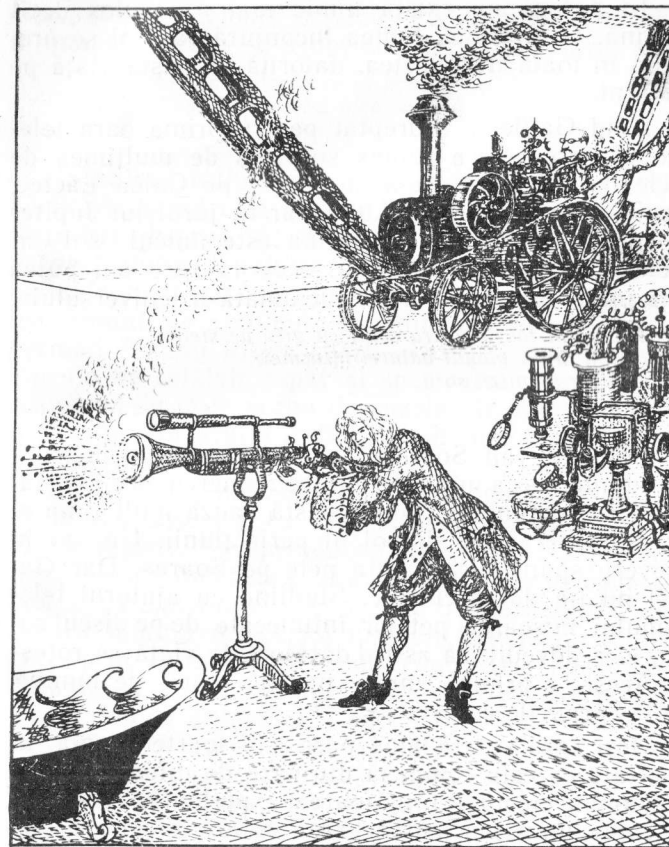
existe și independent — să se propage în spațiu sub forma unor unde electromagnetice, transportînd cu sine energie și impuls. Aceste unde, după cum rezultă din ecuațiile lui Maxwell, trebuie să se răspîndească în spațiu cu o viteză egală cu cea a luminii. Oare e întîmplătoare această coincidență? — se întrebă savantul. Și tot el răspunse: nu, undele electromagnetice și cele luminoase au o natură comună. Razele de lumină nu sînt altceva decît unde electromagnetice cu lungime de undă foarte scurtă.

În 1888 experimentatorul german Heinrich Hertz (1857—1894) dovedește că câmpul electromagnetic poate să existe de sine stătător și că el se propagă în spațiu cu o viteză egală cu cea a luminii. A sosit și ceasul luminii.



3

POVESTEA UNEI RAZE
DE LUMINĂ



*Imbinarea proprietăților
de undă și de corpuscul
este unicul răspuns adecvat
la întrebarea
despre
natura luminii.*

VAVILOV

În natură nu există nimic mai miraculos decât lumina. Datorită ei, lumea înconjurătoare ni se prezintă în toată frumusețea, datorită ei există viață pe Pământ.

Când Galilei a îndreptat pentru prima oară telescopul spre cer, a rămas surprins de mulțimea de stele noi, pe care le-a observat pe Calea Lactee, Venus avea faze ca și Luna, iar în jurul lui Jupiter se învârtteau sateliți. «Lumina este unicul sol al stelelor, — spunea savantul, — de la care am putea afla multe despre istoria zbuciumată a Universului».

*Văd cerul lan albastru sădit cu griu de stele,
El îmi arată planul adîncei întocmele
Cu care-și mișcă sorii.*

«Andrei Mureșanu»

Oamenii văd Soarele — sursa noastră principală de lumină — ca un taler galben, mereu același, fără nici o schimbare. Din această cauză mult timp el era considerat un simbol al perfecțiunii. Un vechi proverb spune: «Nu căuta pete pe Soare». Dar Galilei nu i-a dat ascultare. Studiind cu ajutorul telescopului mișcarea petelor întunecate de pe discul solar, el a dovedit că astrul dăător de viață se rotește. Acesta e primul mare mesaj adus de lumină de la corpurile cerești.

Deși raza solară albă pare a fi foarte simplă, în realitate ea este compusă din raze de diferite culori. Newton a efectuat următoarea experiență. A așezat în calea unui fascicul de raze solare o prismă de sticlă. În spatele prisme a pus o coală de hirtie. Spre surpriza învățatului, raza solară albă, trecînd prin prismă, s-a refractat pe foaia de hirtie în șapte dungii de diferite culori (numite spectru). Astfel, Newton a stabilit că în spectrul solar razele de lumină sînt așezate într-o ordine strictă. La o margine a spectrului se află o dungă de culoare roșie, alături de ea — una portocalie, iar după aceea — dungii de culoare galbenă, verde, albastră, indigo și violetă. Alegînd una din aceste raze colorate și îndreptînd-o printr-o altă prismă, Newton a observat că ea nu se descompune mai departe, adică este monocromatică (are o singură culoare). Savantul a

efectuat și experiența inversă — a adunat toate razele monocromatice și a obținut din nou lumină albă.

*Și cum colorile ce se îmbină
Naște a soarelui albă lumină.*

«Ondina»

(Studiind influența razelor solare din diferite părți ale spectrului asupra termometrului, William Herschel observă în 1800 că dincolo de raza roșie a spectrului mai există niște raze invizibile, numite azi infraroșii. Un an mai târziu, studiind capacitatea luminii de a stimula reacțiile chimice, fizicianul german Johann Ritter (1776—1810) descoperă că și dincolo de celălalt capăt al spectrului solar sînt raze invizibile, este vorba de razele ultraviolete. Spectrul solar s-a arătat a fi cu mult mai larg decât se prezintă ochilor noștri.)

Deși natura luminii nu putea fi încă sesizată, un lucru era observat cu certitudine — ea se propagă foarte repede. Se aprinde opaițul și îndată se luminează toată încăperea. Dacă ecoul foarte ușor dovedea că sunetul se propagă cu o viteză finită, apoi pentru lumină nu există nici un fenomen natural, care prin intermediul simțurilor să-i dovedească omului, că viteza luminii e finită. Din această cauză, în lumea științifică mult timp n-a existat o părere unică asupra mărimii vitezei luminii. Kepler și Descartes, de exemplu, se țineau de părerea lui Aristotel, că viteza luminii este infinită. Fizicianul englez Robert Hooke (1635—1703) socotea că-i finită, însă e atît de mare, încît niciodată nu va putea fi măsurată.

Viteza luminii a fost determinată trei decenii după moartea lui Galilei și se datorează descoperirii de către acest savant a sateliților lui Jupiter.

Flota maritimă, care se dezvoltă intens pe acele timpuri, a pus în fața științei problema determinării de la bordul unei corăbii a latitudinii la care ea se află. Dat fiind că în largul mărilor și oceanelor nu există nici un obiect sau fenomen, după care să te orientezi în orice împrejurare, oamenii de știință s-au văzut nevoiți să apeleze la serviciile cerului înstelat. Savanților de la Academia Franceză, care se

ocupau de rezolvarea acestei probleme, le-a venit fericita idee să se folosească de fenomenul eclipsării unui satelit al lui Jupiter de către planeta-mamă. Fenomenul era accesibil observațiilor din orice parte a mării. După efectuarea anumitor calcule, marinarii puteau să determine locul (coordonatele) aflării corabiei lor. Cu timpul s-a constatat, însă, că metoda are un mare neajuns: perioada dintre două eclipsări succesive se schimbă în timpul anului. Datoria astronomilor era de acum să elaboreze metode de calcul, cu ajutorul cărora marinarii ar putea ușor lua în considerație aceste fapte.

Printre savanții chemați să soluționeze problema se afla invitat și un tânăr astronom din Danemarca—Ole Rømer (1644—1710), numit mai târziu «Arhimede de la Nord». Pe tânăr nu l-a satisfăcut această funcție de simplu calculator și el a început să caute motivele devierii perioadei dintre două eclipsări consecutive. Mai ales, că faptul amintit pune la îndoială legea atracției universale a lui Newton. După analize îndelungate ale datelor astronomice, Rømer ajunge la concluzia că schimbarea perioadei dintre două eclipsări se datorează nu abaterii de la legea lui Newton, ci vitezei finite a luminii. Dacă Pământul și Jupiter nu s-ar mișca unul față de altul, s-ar obține una și aceeași perioadă de eclipsare. Însă, deoarece Terra și planeta-gigant se mișcă în jurul Soarelui, planetele se mișcă una față de alta în diferite perioade ale anului cu diferite viteze. În consecință, în timpul dintre două eclipsări succesive, distanța dintre planete se schimbă cu mărimi diferite, în diferite perioade ale anului. Aceste schimbări de distanță sînt parcurse de lumină în timp diferit, de unde și rezultă variația aparentă a perioadei dintre două eclipsări consecutive ale satelitului lui Jupiter. Cunoșcînd bine variațiile perioadei și ale distanței Pământ—Jupiter, Rømer a stabilit că lumina se propagă cu o viteză finită—de aproximativ 220 000 km/s. Prin aceasta s-a demonstrat încă un lucru însemnat—interacțiunile în natură se transmit cu o viteză finită. Concepția interacțiunii la distanță a lui Newton începe să cedeze.

Ca să ne dăm bine seama ce înseamnă această viteză, e de ajuns să spunem că într-o zecime de secundă, adică în timpul cît am zice «a», o rază de lumină parcurge o distanță egală cu ocolul Pământului. De la Soare pînă la Pământ ea are nevoie de aproximativ opt minute. De la cea mai apropiată stea—vreo 4 ani, de la stele îndepărtate—mii și milioane de ani.

*La steaua care-a răsărit
E-o cale—atît de lungă,
Că mii de ani i-au trebuit
Luminii să ne-ajungă.*

«La steaua»

Primele teorii științifice ale luminii au fost elaborate de către celebrul Newton și «genialul» Christian Huygens (1629—1695), cum era numit savantul olandez. Două teorii, la prima vedere opuse una alteia, elaborate pe la sfîrșitul sec. 17, s-au succedat pe rînd pînă în sec. 20, cînd s-au contopit.

Newton susținea că lumina este formată din corpuscule emise de corpurile materiale, iar traiectoriile acestor corpuscule formează așa-numitele «raze de lumină». Cum să nu admiți un asemenea lucru, dacă la reflexia luminii ea se comportă ca o minge, care, aruncată jos sub un anumit unghi (față de normala la suprafață dusă în punctul căderii), ricoșează sub același unghi. Încă un argument—lumina se propagă în linie dreaptă. Cum de explicat atunci culorile? Foarte simplu: lumina albă este compusă din lumini (corpuscule) colorate.

În concepția lui Huygens lumina nu este formată din corpuscule, ci este constituită din unde, asemănătoare undelor sonore sau celor care se nasc pe suprafața apei. Undelor de diferite lungimi le corespund diferite culori.

Fenomenul propagării undelor pe suprafața apei era bine cunoscut. O bucată de plută aflată în apă unduioasă nu se deplasează împreună cu unda, ci efectuează numai mișcări oscilatorii—în sus și în jos. (Dat fiind că apa, mediu în care se propagă un-

da, efectuează mișcări perpendiculare pe direcția de propagare a undei, unda se numește transversală.) Acest lucru dovedește că în cazul propagării unei unde pe suprafața unei ape, nu are loc o deplasare de substanță. Acțiunea valurilor asupra malurilor mării demonstrează, însă, că un transport de impuls și energie are loc.

În cazul undelor sonore, unda se propagă nu numai la suprafață, ci în întreg mediul. Dacă sunetul este produs de o coardă de vioară, atunci la vibrarea acesteia se schimbă periodic presiunea aerului în straturile din jurul ei. Aceste «rarefierii» și «îndesiri» ale aerului de lângă coardă se propagă apoi în toate direcțiile («rarefierile» și «îndesirile» au loc în direcția propagării undei: unda sonoră este longitudinală). Ajungând la timpanul urechii, ele îl pun să vibreze în tact cu coarda, din care cauză omul spune că aude vioara. Cu cât mai des se schimbă «rarefierile» și «îndesirile» aerului, cu atât mai înalt este sunetul care se aude. Distanța dintre două «rarefierii» (sau «îndesiri») (în cazul undei pe apă — distanța dintre două creste de val) se numește lungime de undă (λ), numărul de «îndesiri» (sau «rarefierii») ce ajung la ureche (în cazul undei pe apă — numărul de valuri ce trec pe lângă observator) într-o unitate de timp se numește frecvența undei (ν). Cu cât e mai scurtă unda, cu atât e mai mare (înaltă) frecvența.

Trebuia, deci, să posezi o fantezie nespuse de bogată, ca să-ți imaginezi raza de lumină ca o undă asemănătoare undei sonore sau celei de pe suprafața apei.

Între cele două teorii existau deosebiri esențiale. Conform teoriei lui Newton, la propagarea luminii are loc transport de substanță, de corpuscule. În cazul teoriei lui Huygens transportul de substanță lipsește, are loc numai un transport de impuls și energie.

De la bun început teoria corpusculară avea obiecții serioase față de teoria ondulatorie, ceea ce a făcut ca ea să domine. Dacă lumina este o undă, atunci de ce ea se propagă în linie dreaptă? Cu alte cuvîn-

te, dacă lumina este o undă, de ce nu vedem după colțul unei clădiri, la fel cum auzim vocea unui copil ce strigă după o casă? De ce corpurile au umbre bine conturate?

*Luna tremură pe codri, se aprinde, se mărește,
Muchi de stîncă, virf de arbor, ea pe ceruri
zugrăvește.*

«Scrisoarea IV»

Exista încă o problemă, ce stîrnea neliniștea adepților teoriei ondulatorii a luminii. După cum a demonstrat Boyle, drept suport al undei sonore servește aerul. Sunetul unui clopot aflat într-un vas închis ermetic se aude, dacă în vas este aer, și nu se aude, dacă din vas este evacuat aerul. O experiență asemănătoare efectuată și pentru lumină a demonstrat că ea se propagă și în vid. Atunci care-i suportul undei de lumină? — «Un mediu material invizibil, care umple întreg Universul», — răspunde Huygens. Posibil, însă nimeni n-a văzut acest mediu (numit mai târziu eter).

Din păcate, adepții teoriei ondulatorii nu erau în stare să obiecteze. «Ei bine, — o lăsau mai moale adepții teoriei corpusculare, — să admitem că eterul există, atunci, dacă lumina este o undă, poate să se îndeplinească două unde de lumină să se suprapună (să interfereze) asemănător undelor formate pe suprafața apei la aruncarea în ea a două pietricele?»

În cazul undei pe apă în fiecare punct al suprafeței apei oscilațiile provocate de două pietricele se compun. Deplasarea rezultantă a oricărei particule de apă reprezintă suma deplasărilor, care ar avea loc la propagarea unei unde în lipsa celeilalte. Dacă se întîlnesc crestele a două unde, perturbarea apei în acel loc se amplifică. Și, dimpotrivă, dacă creasta unei unde se întîlnește cu adîncitura altei unde, atunci nu are loc perturbarea apei.

Aplicînd această situație la cazul luminii, învățații au ajuns la concluzia că în anumite condiții, suprapunînd lumină peste lumină, s-ar putea obține întuneric.

Din experiența efectuată în 1803 de experimentatorul englez Tomas Young (1773—1829) rezultă că

lumina adunată cu lumină poate să dea și întineric.

Fenomenul de interferență a luminii poate fi ușor observat de oricine din noi, dacă turnăm pe suprafața unei ape liniștite o picătură de ulei. La căderea luminii pe pelicula de ulei, o parte din rază se reflectă pe suprafața peliculei, iar o altă parte, trecând prin stratul subțire de ulei — pe suprafața apei de sub peliculă. Ca urmare, unda a doua parcurge un drum mai mare decât prima, diferența fiind egală cu grosimea dublă a stratului de ulei. Dacă unda a doua rămîne în urmă de prima cu un număr întreg de lungimi de undă, atunci, adunînduse, undele se amplifică. Și invers, dacă unda a doua rămîne în urmă de prima cu un număr impar de semiunde, atunci oscilațiile provocate de ele, se vor atenua. Dat fiind că lumina zilei este compusă din mai multe culori, într-un punct dat al suprafeței peliculei interferența va avea loc numai pentru o singură culoare, de aceea, după reflexie tabloul de interferență se obține irisat (de la numele zeiței Iri-sa) — pata de ulei lucește în toate culorile curcubeului — «zîmbetul Irisei».

Prin metoda expusă mai sus a putut fi determinată mai tirziu și lungimea de undă a luminii. De exemplu, cunoscînd grosimea peliculei de ulei, care nu reflectă lumina verde, se poate determina lungimea de undă a luminii verzi. Astfel s-a stabilit că lungimea unde de lumină este de milioane de ori mai mică decât lungimea unde de pe suprafața apei sau cea a oscilațiilor sonore. Din această cauză lumina dă umbre bine conturate, deci, nu se propagă după colțul casei. Dar toate acestea au putut să fie stabilite abia după anul 1816, cînd fizicianul francez Augustin Fresnel (1788—1827) elaborează teoria matematică a interferenței și difracției luminii (difracție — schimbarea direcției luminii la trecerea ei printr-un orificiu mic). Fresnel dovedește că propagarea rectilinie a luminii nu este în contradicție cu teoria ondulatorie. Plus la aceasta, el demonstrează că lumina are proprietăți de undă — ocolește obiectele de dimensiuni foarte mici. «Domnul Fresnel, deși pare a fi un om serios,— zicea Simeon

Poisson (1781—1840), — vrea să ne facă să credem, că el poate să vadă o sursă de lumină din spatele unui corp opac».

De urgență Fresnel efectuează experiența și răspunde afirmativ. În afară de aceasta el mai demonstrează că unda luminoasă este o undă transversală. Poisson replică, însă, că în lichide și în gaze, spre deosebire de corpurile solide, undele transversale nu se pot propaga. Fresnel admite că eterul are proprietăți atât de corp lichid, cît și de corp solid.

Dar și teoria corpusculară a lui Newton întîmpina greutăți. Cum să explici faptul (dacă considerăm că lumina este formată din mici particule) că la căderea ei, să zicem, pe suprafața unei ape o parte din raze se reflectă, iar o parte se refractă?

Răsfrîng o dureroasă lumină din lumină.

«Strigoi»

Din teoria ondulatorie reieșea că viteza luminii într-un mediu mai dens e mai mică decât în aer, pe cînd din teoria lui Newton — invers. Trebuia de măsurat viteza luminii în apă. Dar cum să efectuezi un asemenea lucru, dacă ea nici în aer nu putea fi măsurată.

Abia în 1849 fizicianul francez Armand Fizeau (1819 — 1896) a găsit o metodă originală de a măsura viteza luminii aici, pe Pămînt. A luat 2 oglinzi, una a instalat-o la Suffren, în casa tatălui său, iar alta — la Montmartre, în Paris. Distanța dintre cele două localități era aproximativ de 8,66 km. Între cele două oglinzi a instalat o roată dințată. Roata se învîrtea și dinții ei întrerupeau lumina, separînd-o în impulsuri. Roata aflată lîngă prima oglindă, semitransparentă, avea 720 de dinți și putea fi rotită cu diferite viteze. Lumina îndreptată prin prima oglindă (semitransparentă) trecea printre dinții roții, ajungea la cea de-a doua oglindă din Paris, se reflecta de la ea și trecea din nou printre dinții roții. Dacă în calea ei nu era nici un dinte, ea trecea prin oglinda semitransparentă și nimerea în ochiul observatorului. Dar în cazul cînd în calea luminii

se nimerea vreun dinte, observatorul ori nu vedea nimic, ori vedea o lumină mai slabă. Dacă roata nu se rotea Fizeau vedea întreg fasciculul. Când începea să se rotească roata, lumina era mai slabă. Cu mărirea vitezei intensitatea slăbea cu totul, apoi treptat începea să crească. La viteza de 25 de rotații pe secundă intensitatea ei era aceeași, ca și în cazul când roata nu se învîrtea deloc.

Socoteala de mai departe a fost simplă. Lumina parcurge distanța de la Suffren pînă la oglinda din Paris și înapoi în timpul cît roata izbutește să se rotească cu un dinte. Roata făcea o turație în $1/25$ secunde, cu un dinte ea se întorcea în $1/(25 \times 720)$ s = $1/18000$ s. În acest timp lumina parcurgea distanța de 17,32 km (dus și întors). De unde rezulta că lumina se propagă cu o viteză de aproximativ 312 000 km/s. Deși cifra o depășea pe cea a lui Römer, era, totuși, în concordanță cu ea. Cu toate acestea, lumea științifică nu prea credea că viteze atât de mari pot fi măsurate cu asemenea mijloace simple. Perioada de scepticism a durat vreo 13 ani, pînă cînd Jean Foucault (1819—1868), ucenicul lui Fizeau, a modernizat experiența, înlocuind roata dințată cu o oglindă rotitoare. Aceasta i-a dat posibilitatea să reducă distanța dintre cele două oglinzi de la 8,66 km la numai 20 m. Foucault a obținut pentru viteza luminii (c) o mărime mai precisă — 298 000 km/s. Pe lîngă aceasta, el a repetat experiența și în apă.

Tot scoate-voi piatra luminei din mare!

«Diamantul Nordului»

În apă lumina se propagă cu o viteză mai mică decît în aer, în conformitate cu teoria undulatoare. Un nou triumf al concepției de undă.

Astfel, teoria ondulatorie era de acum în stare să explice fenomenul de refracție. Cînd o rază de lumină trece dintr-un mediu transparent în altul, ea se «frînge» (amintiți-vă cazul cu vîsla în apă), își schimbă direcția de propagare și o face cu atît mai tare, cu cît indicele de refracție al materialului este

mai mare. Acest indice caracterizează «starea optică» a substanței și este egal cu raportul dintre viteza luminii în vid și viteza luminii în substanța dată. Indicele de refracție depinde de frecvența undeii luminoase. Din această cauză, atunci cînd Newton a îndreptat lumina albă, (compusă din unde de diferite frecvențe) asupra prisme de sticlă, undele cu frecvența mai mare s-au abătut mai tare și fasciculul de lumină s-a descompus în frange colorate, formînd așa-numitul spectru.

În 1814 opticianul german Joseph von Fraunhofer (1787 — 1826), studiind spectrul Soarelui, trece la început raza de lumină printr-o fantă, apoi prin prisma spectroscopului. Pe ecranul din spatele prisme a obținut o mulțime de linii întunecate, ce reprezentau imagini ale fantei. Același tablou a obținut savantul, trecînd prin fantă lumina Lunii și a planetelor, corpuri ce luminează cu lumina Soarelui. Tabloul a fost cu totul altul, cînd prin fantă s-a trecut lumina unei stele.

*Ce caută raza din ceruri venită,
Din galbena steaună ce-aleargă prin cer.*

«Cînd marea...»

Acest lucru l-a condus pe cel care «a apropiat stelele» la concluzia că fiecare sursă de lumină are spectrul ei distinct. Cercetătorul a mai observat că spectrul unui opaiț conține două linii galbene tocmai în locul unde în spectrul Soarelui se află două linii întunecate. Aceste observații au declanșat în lumea științei o serie întreagă de cercetări în domeniul spectroscopiei. În anul 1859, compatrioții învățatului — Robert Bunsen (1811—1899) și Gustav Kirchhoff (1824—1887), autorii analizei spectrale, constată experimental că fiecare element chimic, fiind introdus în limba unei flăcări (chiar în cantități de miliardimi de gram), emite unde luminoase, ce formează un spectru (de emisiune) specific elementului dat. Dacă același element se așează în fața unei surse luminoase, în locul liniilor de emisiune ale spectrului se obțin linii întunecate (spectrul de absorbție). Fiecare linie a spectrului corespunde unei

anumite lungimi de undă. Nu există elemente chimice, care ar avea spectre identice, după cum nu există oameni cu aceleași amprente degetale.

Prin experiențe migăloase Bunsen și Kirchhoff au demonstrat că cele două linii galbene din spectrul luminii opaițului se datorează prezenței în flacăra a natriului incandescent, iar liniile întunecate din spectrul Soarelui — prezenței natriului în atmosfera Soarelui, aflat acum într-o altă ipostază — de absorbitor al undelor luminoase de anumită frecvență.

Pe această cale s-a constatat că Soarele este constituit din aceleași elemente ca și Pământul. Mai mult decât atât, astronomul francez Pierre Janssen (1824—1907) și astronomul englez Josef Lockyer (1836—1920) descoperă în 1868 pe astrul zilei un element nou, necunoscut pe Terra, numit în cinstea Soarelui — heliu. Mai târziu, în 1895, elementul a fost identificat și pe Pământ de către chimistul scoțian William Ramsay (1852—1916). S-a constatat mai apoi că și stelele sînt compuse din aceleași elemente. Astfel, lumina — «solul stelelor» — a confirmat viziunea atomiștilor, conform căreia corpurile cerești sînt alcătuite din același fel de atomi, ca și planeta pe care trăim.

(De acum în 1929 astrofizicianul american Henry Russell (1877—1957) putea să spună cu siguranță că ponderea hidrogenului pe Soare e mai mare de 3/5, iar după descoperirea de către fizicianul german Wilhelm Wien (1864—1928) a legii privind deplasarea în spectru a frecvenței asociate corpului negru cu schimbarea temperaturii se putea de determinat și temperatura suprafeței Soarelui — de aproximativ 6000°C.). Astfel, odată cu elaborarea metodei analizei spectrale a luat naștere o nouă ramură a științei — astrofizica.

În anul 1842 profesorul de la Praga Christian Doppler (1803—1853) a demonstrat teoretic că frecvența undelor luminoase (de altfel și a undelor sonore), înregistrate de observator, depinde de viteza cu care se mișcă sursa față de observator (așa-numitul efect Doppler). Prima verificare experimen-

tală a efectului s-a produs într-un mod neobișnuit. O fanfară militară cînta pe o platformă deschisă de vagon. Platforma se apropia ori se îndepărta cu viteză de stația, unde fizicienii recepționau sunetele. Cercetătorii au constatat (poate fi făcut acest lucru și cu urechea liberă) că la apropierea orchestrei de stație tonul sunetului (adică frecvența) crește, iar la îndepărtare — scade. După aceasta efectul a fost demonstrat și asupra luminii. Dacă sursa de lumină se îndepărtează de observator, se înregistrează o frecvență mai mică decât în cazul, cînd sursa staționează. Are loc o «deplasare spre roșu» a frecvențelor, fenomen prezis de Fizeau. Și această deplasare este cu atît mai mare, cu cît e mai mare viteza sursei. Dacă sursa se apropie — are loc o deplasare spre albastru. Mai târziu efectul Doppler — Fizeau a început să fie folosit la determinarea mișcării corpurilor cerești în spațiu. Inspecția auto îl folosește în permanență la determinarea vitezei vehiculelor.

La începutul sec. 19 se credea că teoria undulatoriei a luminii a obținut victorie totală asupra teoriei corpusculare. Adepții ei, însă, nu puteau încă să se simtă biruitori. Rămînea de dat răspuns la întrebarea: ce prezintă suportul luminii — eterul? După proprietățile sale el ar fi trebuit să fie un mediu extrem de rarefiat, subtil și pătrunzător (ca să pătrundă și în interiorul prisme). În același timp, pentru ca să fie în stare să transmită vibrații transversale cu o viteză de 300 000 km/s, el trebuie să fie solid.

Asupra acestor probleme putea să arunce o rază de lumină ... numai lumina.

— «O, piatr-a luminei, revarsă-mi lumină!»

«Diamantul Nordului»

Să facă acest lucru, lumina a fost impusă de fizicianul american Albert Michelson (1852—1931).

Celebrul experimentator s-a născut în orașul polonez Strelno, situat la 150 km de Toruń, orașul de baștină al lui Copernic. De la vîrsta de doi ani se află în America. După terminarea școlii hotărăște să-și facă studiile la Academia Maritimă din S.U.A..

Reușește la examenele de admitere, dar nu trece după concurs. Băiatul, însă, nu se descurajează: scrie o scrisoare președintelui S.U.A., în care roagă să fie primit la academie. «Dacă voi intra la academie, mai apoi o să vă mândriți cu mine» — scria băiatul cu speranță în suflet. Președintele a apreciat îndrăzneala tânărului, oferind academiei un loc special pentru Albert Michelson.

După terminarea studiilor (1873) tânărul este lăsat la academie în calitate de profesor. Dar anume în acea perioadă în America ținea prelegeri renumitul fizician irlandez John Tyndall (1820—1893). Tema lecțiilor era lumina, și aceasta nu era întâmplător. Maxwell stabilise teoretic, iar Hertz experimental existența unei legături strânse între electricitate, magnetism și lumină. Undele electromagnetice au aceeași natură ca și lumina și se propagă cu aceeași viteză. După ascultarea acestor lecții, Michelson și-a pus în gând să măsoare viteza luminii cu cea mai mare precizie posibilă.

Apărea întrebarea: pentru ce trebuia de făcut acest lucru? În primul rând, pentru a afla dacă este eterul o ficție sau un adevăr. Faptul că eterul trebuie să interacționeze foarte slab cu substanța nu lăsa nici o speranță de a-l depista. Totuși, Michelson întrezărește o posibilitate.

Înotătorii știu că-i mai ușor să treci apa unui râu de la un mal la altul decât să parcurgi aceeași distanță contra apei și înapoi. Pornind de la aceasta, Michelson a ajuns la concluzia că eterul are să «frîneze» mai slab lumina, dacă ea se va propaga (încolo și înapoi) în direcția perpendiculară mișcării Pământului în jurul Soarelui, decât în cazul când lumina se va propaga în direcția mișcării planetei.

Ideea experienței era foarte simplă, însă realizarea ei cerea mari eforturi. După ani de muncă asiduă Michelson izbutește în cele din urmă să creeze, pe baza principiilor de funcționare a aparatelor lui Fizeau și Foucault, un nou și complicat aparat — interferometrul lui Michelson — cu ajutorul căruia el putea de acum să măsoare viteza luminii cu foarte mare

precizie. Totuși, pentru a depista eterul, trebuia de luat în considerație faptul că lumina se propagă cu o viteză de 300 000 km/s, pe când Pământul se rotește în jurul Soarelui cu o viteză de numai 30 km/s. Și frînarea unei raze de lumină față de alta va fi neînsemnată. Dacă eterul există cu adevărat, apoi razele îndreptate simultan în două direcții reciproc perpendiculare vor reveni în punctul inițial (după reflexia lor de la oglinzile situate la celelalte capete ale brațelor de aceeași lungime ale interferometru-lui) cu întârziere și atunci va avea loc fenomenul interferenței — se vor forma niște franje luminoase.

În 1881 Michelson a măsurat viteza luminii în toate direcțiile (față de «vîntul eteric», care ar trebui să sufle din cauza mișcării Pământului prin eter), dar a obținut unul și același rezultat: «vîntul eteric nu influențează deloc lumina, fie că ea se mișcă în direcția lui, fie că se mișcă perpendicular la el. Fără entuziasm savantul a publicat rezultatele experienței sale. Lucrarea se termina cu următoarea concluzie: «ipoteza eterului absolut este greșită» (de menționat că la început Michelson era un adept al existenței eterului). Autorul lucrării a găsit, totuși, cuvinte de autoconsolare: «După părerea mea, experiența n-a fost zadarnică. În căutarea unei soluții am inventat interferometrul. Dar invenția compensează rezultatul negativ al acestei experiențe». De altfel, mai apoi s-a dovedit că rezultatul acesta a fost cel mai bun dintre toate rezultatele negative. El a pus bazele teoriei relativității, modificînd radical concepțiile omului despre spațiu și despre timp.

(În afară de aceasta aparatul lui Michelson a permis măsurarea dimensiunilor stelelor, (punînd să interfereze 2 raze de lumină de la 2 margini opuse ale lor). Astfel, în 1920 a fost măsurat diametrul stelei Betelgeuse, care s-a dovedit a fi de aproximativ 350 de ori mai mare ca cel al Soarelui.)

Cercetările lui Michelson au demonstrat, că lumina are o proprietate paradoxală — viteza ei nu depinde de viteza sursei. Ce înseamnă aceasta? Dacă dintr-o mașină aflată în mișcare se aruncă o

piatră în direcția mișcării, viteza pietrei față de pământ va fi mai mare, decât în cazul când mașina staționează, cu o mărime egală cu viteza mașinii. În cazul când piatra se aruncă în direcția opusă mișcării mașinii, viteza ei va fi mai mică tot cu aceeași mărime. Astfel stau lucrurile în cazul pietrei, însă nu și în cazul luminii. În orice direcție am da drumul unei raze de lumină de pe o navă cosmică — înainte, înapoi, într-o parte — observatorul aflat pe un asteroid, pe lângă care trece nava dată, va înregistra una și aceeași viteză, egală cu cea pe care ar avea-o lumina emisă de pe o navă aflată în repaus.

Să zicem că «ați scăpat» o vorbă din gură, o regretați și doriți s-o prindeți. Nu vă rămâne decât să urcați într-un avion supersonic și s-o ajungeți, ba chiar puteți și s-o întreceți. Cu totul altfel stau lucrurile în cazul luminii. Ori cât de tare ai fugi după o cantitate de lumină niciodată n-o vei ajunge. Ea fuge de la tine mereu cu aceeași viteză — c .

La ordinea zilei din nou a apărut întrebarea — ce este totuși lumina? Răspunsul era deja pregătit. În 1845 Faraday descoperise că un fascicul de lumină polarizată, trecând printre polii unui magnet, își schimbă planul de polarizare. Deci, există o legătură strânsă între câmpul magnetic și lumină. Cincisprezece ani mai târziu Maxwell a demonstrat că lumina este o undă electromagnetică. Toate legile fizice și formulele matematice, care se aplicau luminii, rezultau ca un caz particular din teoria matematică a lui Maxwell. Cu ajutorul acestei teorii, de acum se putea explica multe fenomene fizice. De exemplu, de ce un corp încălzit emite lumină. Substanța obiectului încălzit constă din sarcini electrice. La temperaturi înalte aceste sarcini oscilează foarte rapid. Ca urmare, ele generează în spațiu câmpuri electrice variabile, care, la rândul lor, dau naștere unor câmpuri magnetice variabile, născătoare de câmpuri electrice... și așa mai departe, adică emit lumină.

Savanții au răspuns la întrebarea — care-i natura luminii, ce anume oscilează? În timp și spațiu oscilează intensitățile câmpului electric și magnetic. Aceste oscilații se propagă în spațiu la fel ca și

«rarefierile» și «îndesirile» de aer în cazul unei sonore, cu deosebirea că unda electromagnetică este transversală și are un caracter dublu. Câmpurile electrice și magnetice ale ei se propagă împreună și sînt strîns legate între ele.

Deci, lumina are o natură electromagnetică — este o multitudine de unde ale câmpului electromagnetic, care, rupîndu-se de la sarcinile electrice ce le-au emis, se propagă mai departe de sine stătător în spațiu.

Pe baza teoriei lui Maxwell a putut fi explicată și presiunea luminii, presupusă la început de Kepler, ca fiind vinovată de orientarea cozilor cometelor la apropierea lor de Soare, iar mai apoi, în 1901, dovedită și în condiții de laborator de fizicianul rus Piotr Nikolaevici Lebedev (1866—1912).

În anul 1892 fizicianul olandez Hendrik Lorentz (1853—1928), și independent de el fizicianul irlandez George Fitzgerald (1851—1901) fac un ultim efort pentru a salva eterul. Presupunînd că toate corpurile, care se mișcă cu viteză (v) prin eterul în repaus, se contractă în direcția mișcării cu factorul $\sqrt{1-v^2/c^2}$, savanții puteau explica rezultatul negativ al experienței lui Michelson. Pur și simplu, — ziceau ei, — brațul interferometrului în direcția mișcării Pământului s-a micșorat (și lumina în aceea direcție a parcurs un drum mai scurt), pe cînd brațul lateral a rămas neschimbat. În consecință, drumul dus și întors de-a lungul ambelor brațe a fost parcurs de lumină în unul și același timp (rezultatul experienței lui Michelson).

Dar să verifici dacă brațul s-a scurtat este imposibil — și rigla, cu care măsori, se scurtează în aceeași proporție. Asta înseamnă că nici o experiență efectuată pe Pământ cu lumina nu dă posibilitate să determini, dacă el se mișcă ori nu... «și să demonstrezi existența eterului», — a adăugat mai târziu Einstein. Ideile lui Lorentz l-au condus pe Einstein la concluzia că nu există spațiu și timp absolut. Dimensiunile lor se schimbă de la un sistem de referință la altul. Ceasul și rigla unui om pe Pământ și ale unui om care se mișcă cu viteză într-o

navă cosmică au diferite gradații, dar descriind cu ajutorul lor aceleași fenomene pe Pământ și pe navă, observatorii vor obține unul și același rezultat.

Postulatul despre relativitatea spațiului și a timpului i-a permis lui Einstein să creeze o teorie logică a câmpului electromagnetic, în care nu era nevoie să se mai facă uz de noțiunea eterului, eterul ca noțiune fizică a dispărut, deși cuvântul încă se folosește și astăzi — în eter «Luceafărul».

Conform noii teorii a lui Einstein, însuși spațiul este purtătorul undelor electromagnetice. Nu «spațiul gol» al atomiștilor, ci spațiul fizic cu proprietăți materiale, numit astăzi — «vid fizic» (cea mai inferioară stare energetică a tuturor câmpurilor existente în natură).

În prag de nou secol, în jurul luminii iar s-au aprins discuții. De data aceasta «festa» a fost jucată de fizicianul german Max Planck (1858—1947).

Cînd Max Planck a hotărît să-și consacre viața fizicii, învățătorul lui l-a sfătuit să nu facă acest pas — «nu are nici un rost, fizica ca obiect de studiu se termină». În calitate de argument el a adus spusele lordului Kelvin (1824—1907), un patriarh al fizicii de pe atunci. «În linii generale fizica practic e terminată ca construcție, au mai rămas doar doi nouriși pe cerul ei senin: unul e experiența lui Michelson, iar altul — dificultățile teoriei emisiei radiației termice».

Primul nouriș a dat naștere teoriei relativității, iar al doilea, care i-a revenit lui Max Planck, a dus la crearea mecanicii cuantice.

Al doilea nouriș avea și un nume sinistru — catastrofa ultravioletă. Fizica statistică stabilise că într-un sistem aflat în echilibru termodinamic la temperatura T la fiecare oscilație posibilă revine una și aceeași energie, egală cu $k_0 T$ ($k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ — constanta lui Boltzmann). Dacă în sistem sînt posibile N oscilații, atunci energia lui este $N k_0 T$.

Fizicianul și astronomul englez James Jeans (1877—1946) s-a întrebat, dacă asemenea repartizare a energiei are loc și în cazul undelor electromag-

netice, savantul și-a imaginat o cutie cubică cu pereții încălziți, în interiorul căreia se formează unde electromagnetice staționare. Cîte unde? — se întreabă el.

Încă Pitagora știa că într-o coardă întinsă și prinsă la capete pot fi generate unde staționare, dar aceste unde nu pot fi de orice lungime λ , ci numai de așa lungimi λ_n , care permit ca în intervalul L dintre punctele în care-i fixată coarda să se încadreze un număr întreg de semiunde ($L = n\lambda_n/2$, $n = 1, 2, 3, \dots$). Cu alte cuvinte, în coardă se generează numai unde cu lungime bine determinată $2L/1$, $2L/2$, $2L/3$, $2L/4 \dots$. Cu cît lungimea λ_n e mai mică (cu cît frecvența undelor e mai mare), cu atît coarda cuprinde un număr mai mare de unde (un număr mai mare de grade de libertate).

Pentru lungimile de undă posibile există o limită superioară $\lambda = 2L$ — nu și una inferioară.

Rezultatul acesta, în principiu, era valabil și pentru «cubul lui Jeans». De aici reieșea că în cutia lui Jeans sînt posibile o infinitate de oscilații și ele ar trebui să ia toată energia pereților cutiei, ori cît de multă căldură li s-ar transmite lor, ceea ce ar însemna că cu timpul toate obiectele din jur vor ceda energia lor «sacului fără de fund» al radiațiilor și se vor răci. În cele din urmă, energia din Univers va fi depozitată în radiațiile (infinite la număr) cu lungimi de undă foarte mici — ultraviolete, ceea ce ar însemna o adevărată catastrofă pentru tot ce se mișcă — de unde vine și denumirea paradoxului Jeans.

Explicația paradoxului a fost dată de Planck. El a presupus că particulele ce emit unde cu frecvența ν pot să-și schimbe energiile proprii nu continuu, ci prin salturi, prin porții discrete de mărimea $h\nu$, numite de savant — cuante. Coeficientul de proporționalitate $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ a fost numit ulterior constanta lui Planck.

Pereții cutiei lui Jeans sînt constituiți din asemenea particule încărcate, care emit unde electromagnetice de diferite frecvențe. Conform ipotezei lui

Planck, aceste mici surse de radiație nu pot să emită unde cu energia mai mare decât energia termică medie kT , ce revine la o particulă. «Sursele» de frecvență înaltă rămân, deci, «înghețate». Pentru a le «dezgheța» — a le face să emită unde de frecvență mai înaltă — trebuie să li se comunice o energie $h\nu$ cu mult mai mare decât cea termică. În cutia, aflată în echilibru termic cu radiația sa, probabilitatea de a primi o asemenea energie este foarte mică, din care cauză numai un număr cu totul redus de particule iradiază unde cu frecvențe mari. Astfel că undelor cu frecvență mare, contrar presupunerilor lui Jeans, le revine numai o parte foarte mică din energia disponibilă undelor electromagnetice.

La început Planck interpreta ipoteza cuantelor mai mult ca un procedeu matematic decât ca o realitate fizică. Dar iată că în 1905 Einstein explică efectul fotoelectric — emisia de electroni de către o substanță supusă acțiunii luminii — tot cu ajutorul noțiunii de cuantă de energie.

În cazul efectului fotoelectric o cuantă de lumină nimerește în metal și expulzează de acolo un electron. Măsurând energia electronului, s-a putut determina energia cuantei. Cantitatea de energie depozitată într-o cuantă este în directă legătură cu frecvența luminii ($E=h\nu$), în deplină conformitate cu ipoteza lui Planck.

Einstein în glumă explica esența descoperirii sale și a lui Planck cam în felul următor: Planck a descoperit că berea se vinde în volume de o pintă, pe când el a prezis, că berea nu poate să ocupe oricel volum, ci numai volume de o pintă.

În 1922 fizicianul american Arthur Compton (1892—1962) a dovedit că undele electromagnetice sînt împrăștiate de electronii liberi — elastic, asemănător ciocnirilor elastice dintre două bile metalice. După ciocnire, în conformitate cu legea conservării energiei, unda își micșorează energia (E), ceea ce duce, din teoria lui Planck, la o micșorare a frecvenței ($\nu=E/h$), adică la o mărire a lungimii de undă ($\lambda=c/\nu$) — lucru observat de Compton. Efectul observat de savantul american, și care îi poartă nu-

mele, a demonstrat o dată în plus că lumina are o natură corpusculară.

*Lingă lac, pe care norii
Au urzit o umbră fină,
Ruptă de mișcări de valuri
Ca de bulgări de lumină.*

«Crăiasa din povești»

Ideea naturii discrete a luminii stă la bază funcționării **generatoarelor cuantice moderne — laserelor.**

Fizicienii i-au dat cuantei de energie denumirea de foton, denumire asemănătoare cu cea a electronului, protonului, — particulelor elementare.

Astfel, la începutul secolului nostru s-a ajuns iarăși la o situație critică.

Teoria ondulatorie nu era în stare să explice efectele cuantice. Pe de altă parte, teoria corpusculară nu putea lămuri fenomenele de interferență, difracție și polarizare a luminii. În anii 1925—1927 fizicienii teoreticieni Schrödinger, Dirac, Heisenberg ș. a. au sistematizat caracterul continuu și discontinuu al luminii într-un mod de descriere unitar, numit «teoria cuantică a câmpului», cu alte cuvinte, au unit cele două concepții contradictorii ale luminii. Pe când fizica clasică face deosebire dintre undă și corpusculă, mecanica cuantică dovedește că substanța și radiațiile au o natură dublă — de undă și de corpuscul — așa-numitul dualism corpuscul-undă.

«Cum așa o natură dublă? — se întrebau unii fizicieni. — Face să crezi că în zilele de luni, miercuri și vineri ea este o undă, iar restul săptămînii un corpuscul». Se cerea un răspuns: «ori una, ori alta». Dar întrebarea pusă «ori... ori» nu mai este corectă. Prin analogie ne întrebăm: ce-i centaurul — om sau cal? Nu-i nici una, nici alta. Tot așa stau lucrurile și cu lumina — ea nu-i nici undă, nici corpuscul — pur și simplu, este o nouă realitate cu proprietăți contradictorii de undă și de corpuscul. Numai că spre deosebire de centaur, lumina nu-și arată ambe-

le proprietăți (de undă și de corpuscul) odată, nici într-o experiență.

*E chipul tău, lumine necrezută
De frumuseți, de taină, curăție,
Ce nopții reci lucire-i împrumută.*

«Sătul de lucru»

Această stare de lucruri — dualismul luminii — exprimă, de fapt, numai un aspect al situației generale enunțate de învățatul francez Louis de Broglie (1892—1987) în anul 1924.

Marchizul de Broglie și-a început cariera științifică în calitate de istoric, dar mai târziu a început să manifeste interes față de fizica teoretică. La vârsta de 32 de ani a prezentat la Universitatea din Paris teza de doctorat, consacrată problemelor actuale ale fizicii. În această teză el expunea niște idei ieșite din comun. Oricărei particule cu masa m , aflate în mișcare cu viteza v de Broglie îi asocia o lungime de undă, determinată de proprietățile ei corpusculare ($\lambda = h/mv$).

«Obiectele» care mult timp erau considerate particule s-au dovedit a avea și proprietăți de undă. Justețea prezicerilor lui de Broglie a fost demonstrată în 1927 de fizicienii americani Clinton Davisson (1881—1958), Lester Germer (1896—1971) și independent de ei de fizicianul englez George Thomson (1892—1975), (Thomson-fiul). Îndreptînd un fascicul de electroni asupra unei rețele cristaline, ei au obținut un tablou de difracție. Mai înainte Joseph Thomson (1856—1940) (Thomson-tatăl) dovedise că electronul este particulă, iar acum Thomson—fiul—că e undă, ambii fiind apreciați cu premiul Nobel.

El era un ateist superstițios — și sunt mulți de aceștia.

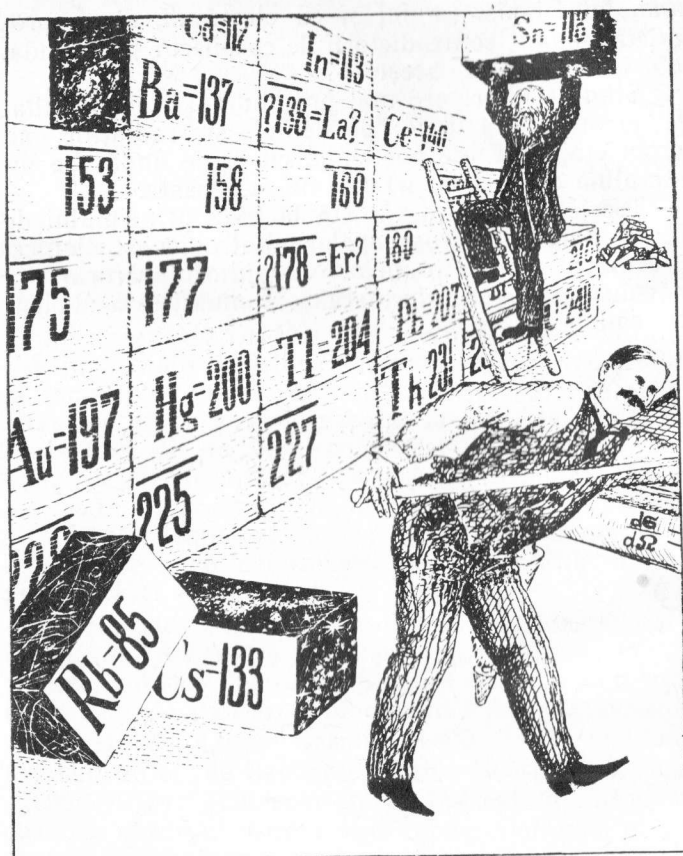
«Sărmanul Dionis»

Dacă-i ateu nu-i superstițios, dacă-i superstițios nu poate fi ateu. Fiecare noțiune luată în parte o anihilează pe cealaltă. Luată, însă, împreună, ele caracterizează de minune firea contradictorie a săr-

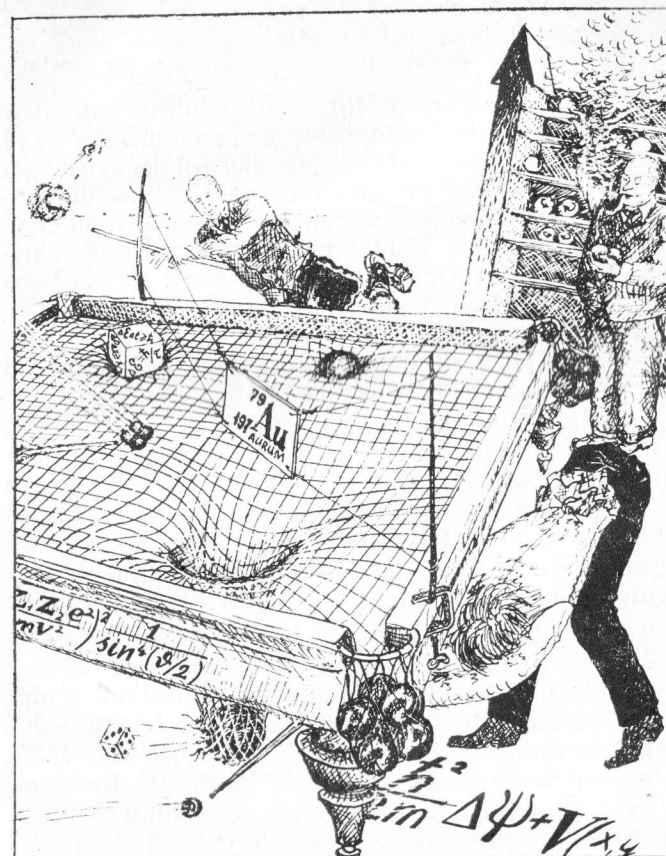
manului Dionis. La fel și cu electronii, ei au proprietăți duale, contradictorii de corpuscul și de undă. «Și sînt mulți de aceștia»?

Studiile ulterioare mai profunde și mai detaliate au arătat că toate particulele și radiațiile au proprietăți atât de particulă, cît și de undă. Ce lume plină de paradoxuri e și fizica aceasta.

Teoria lui de Broglie stă la baza principiului de funcționare a microscopelor electronice și ionice, precum și a ciclotroanelor, cu ajutorul cărora s-a pătruns în lumea interioară a atomului și a nucleului său.



4
ATOMUL
ARE O SOARTĂ



*Ideea că substanța este compusă
dintr-un număr enorm
de particule mici,
discrete, constituie, în fond,
esența explicațiilor
tuturor proprietăților substanței.*

RUTHERFORD

*Numai un atom fără de soarte
Nu e iubit.*

«Nu e stelută»

Primele evaluări privind dimensiunile atomilor au fost făcute de Lomonosov și Franklin. În 1742 Lomonosov a observat că giuvaiergii iscusiți pot obține foițe de aur cu grosimea de o miime de centimetru. Înseamnă — a conchis el — că diametrul atomului nu poate fi mai mare decât această mărime. Franklin, la rîndul său, a observat în 1777 că o picătură de ulei, turnată pe suprafața unei ape liniștite, formează o pată de dimensiuni finite. Măsurînd aria petei și cunoscînd volumul picăturii, el a evaluat diametrul moleculei la 10^{-7} cm.

Teoria atomo-moleculară, emisă de Lomonosov, a fost dezvoltată de chimistul și fizicianul italian Amedeo Avogadro (1776—1856). În 1811 Avogadro descoperă legea, ce astăzi îi poartă numele: în volume egale, în condiții identice de presiune și temperatură toate gazele conțin un număr egal de molecule. Potrivit acestei legi, învățatul propune și o metodă de determinare a maselor moleculare și atomice.

Conducîndu-se de ideile savantului italian, profesorul de fizică de la Universitatea din Viena — Joseph Loschmidt (1821—1895) dovedește în 1865 că dimensiunile atomilor sînt de ordinul 10^{-8} cm, iar masa atomului de hidrogen e de ordinul 10^{-24} g. La fel, el a calculat, că 1 cm³ de gaz, aflat în condiții normale, conține $2,7 \cdot 10^{19}$ molecule (numărul lui Loschmidt). Un număr greu de imaginat! Dacă o «brigadă» de calculatori, spun fizicienii, cu un efectiv egal cu numărul oamenilor de pe Pămînt ar număra încontinuu, zi și noapte, aceste molecule, apoi abia spre sfîrșitul vieții lor ar izbuti să le socoată pe toate. E lesne să ne dăm seama, cît de greu a fost de dovedit existența atomilor. Nu întîmplător fizicianul american Richard Feynman (1918—1988), fiind întrebat, care-i fraza cea mai scurtă, ce redă cea mai bogată informație dobîndită de omenire, a răspuns: «Existența atomilor».

Prima dovadă experimentală a existenței unor diviziuni mici ale materiei aparține botanistului englez Robert Brown (1773—1858). În 1827 el a observat că dacă aruncă cîteva firișoare de polen în apă, ele se încadrează într-un «dans» haotic, fenomenul fiind numit mai apoi mișcare browniană. Studiînd mișcarea firișoarelor de polen, savantul a ajuns la concluzia că ea se datorează acțiunii unor particule mai mici, invizibile, ale lichidului.

De data aceasta ipoteza despre atomi se impune în știință. Noi și noi părtași aderă la ea. Tot pe atunci un alt englez, și anume John Dalton (1766—1844), a stabilit că diferite substanțe intră în reacții chimice numai în cantități, care se găsesc într-un anumit raport între ele. Aceasta i-a sugerat savantului noțiunea de element (substanță compusă numai dintr-un fel de atomi) și de masă atomică.

Deși mulți învățați nici nu vroiau să audă de cuvîntul atom, totuși se elaborează metode de determinare a maselor atomice relative. Masa atomică relativă arată de cîte ori atomul unui element este mai greu decât atomul de hidrogen, luat drept unitate de referință. În asemenea unități masa atomului de oxigen este egală cu 16, cea a atomului de fier — cu 56 ș. a. m. d.

Curînd a apărut o altă întrebare — cîte feluri de atomi există în natură? Tot atîtea cîte și obiecte, — susținea Democrit. Medicul englez William Prout (1785—1850) era, însă, de altă părere. În 1815 el enunță ideea că la baza tuturor elementelor, ori cîte ar fi ele de multe, stă una și aceeași substanță — hidrogenul. Această ipoteză conținea în sine un grăunte rațional — între diferite elemente există o legătură — ceea ce a fost observat mai tîrziu.

Între timp chimiștii au stabilit că în natură nu există atît de multe elemente — vreo 40 la număr (astăzi se cunosc 110). Diversitatea substanțelor din natură era explicată prin faptul că ele constau din molecule (cele mai mici părțile ce păstrează proprietatea substanței), iar moleculele, la rîndul lor, constituie diferite combinații ale atomilor. «După cum literele alfabetului servesc la scrierea unei poezii, tragedii, comedii..., ziceau atomiștii, — tot

așa și atomii oferă posibilitatea de a crea întreaga varietate a substanțelor din natură».

Dezvoltarea furtunoasă a industriei — apariția fabricilor de săpun, sodă, acid sulfuric — a impus chimiei un ritm susținut de avansare. Într-un timp relativ scurt chimiștii au acumulat noiane întregi de date experimentale referitoare la proprietățile elementelor. Tot mai acută devenea necesitatea găsirii unui fir călăuzitor, care ar da posibilitate de a sistematiza datele obținute, de a face o legătură între ele. Acel fir s-a dovedit a fi masa atomică și a fost găsit de marele chimist rus Mendeleev (1834—1907).

Dmitrii Ivanovici Mendeleev s-a născut în orașul siberian Tobolsk. A fost ultimul, al șaptesprezecelea, copil în familia directorului gimnaziului din oraș. În anul 1859, împreună cu alți tineri talentați din Rusia, a plecat să-și continue studiile la cele mai prestigioase universități din Europa.

La început s-a oprit la Heidelberg, unde frecvențea lecțiile vestitului Bunsen, un om foarte vesel și bun de șotii. Nu era lecție ca el să nu ofere ascultătorilor «vreo surpriză» — o explozie neașteptată sau altceva în felul acesta. Mendeleev prețuia aportul lui Bunsen în știință, însă nu-l prea satisfăcea lecțiile acestuia, care urmăreau mai mult scopul de-a produce impresii emotive asupra studenților, decât a le trezi cugetul să pătrundă în esența lucrurilor. În schimb, afirmațiile învățatului că «acel chimist, care nu cunoaște fizica, nu știe nimic» i-au părut foarte profunde. Și tânărul Mendeleev planifică o serie întreagă de experiențe fizice, menite să-l apropie de esența lucrurilor.

Experiențele au fost efectuate în cele mai înzestrate laboratoare ale universităților din Franța, Italia, Elveția. Pe baza lor Mendeleev a descoperit în anul 1860 temperatura critică a substanțelor (temperatura la care proprietățile fizice ale unui lichid sînt identice cu cele ale vaporilor săi, aflați în echilibru cu lichidul), iar mai târziu, în 1874, serie ecuația generală a stării unui gaz ideal (ecuația Mendeleev — Clapeyron). Experiențele fizice l-au condus, de ase-

menea, la descoperirea legii periodice a elementelor chimice.

În 1860 Mendeleev participă la vestitul Congres internațional al chimiștilor de la Karlsruhe. Congresul a încercat să definească cît mai strict posibil principalele noțiuni chimice. Multe probleme, însă, rămîneau neclare, chiar și din cele fundamentale. Ce sînt, de fapt, elementele? Ce legătură există între ele?

Cugetînd asupra acestor întrebări, tânărul Mendeleev enunță în 1869 o lege simplă și profundă: «Proprietățile corpurilor simple (ale elementelor) și, de asemenea, proprietățile compuşilor lor se schimbă periodic, în funcție de valoarea maselor atomice ale acestor elemente». Prin această descoperire savantul rus pune capăt haosului existent în chimie. Toate elementele chimice, cunoscute pînă atunci, au fost sistematizate, într-un tabel. Fiecare element era caracterizat prin două mărimi — numărul de ordine și masa atomică. Aceste mărimi reflectau proprietățile chimice și fizice ale elementului dat.

Descoperind legea, după care se schimbă proprietățile elementelor (proprietățile nu numai chimice, dar și optice, electrice, magnetice), Mendeleev dovedește că masele atomice ale unor elemente erau greșit determinate (de exemplu, a toriului — 116 în loc de 232). Mai mult ca atît, savantul prezice și existența altor elemente, nebănuite pînă atunci. El descrie în amănunte proprietățile fizice și chimice, pe care ar trebui să le posede aceste elemente, lăsînd pentru ele «căsuțe» goale în tabel — în total 21 la număr. Cu timpul elementele au fost descoperite și fiecare și-a ocupat locul destinat. Drept semn de recunoștință față de savantul rus, fizicianul-atomist american Glenn Seaborg (1912) numește elementul 101, sintetizat de el și colaboratorii săi în 1955 în condiții de laborator, mendeleeviu.

Mendeleev considera că schimbările periodice ale proprietăților chimice și fizice ale elementelor se datorează structurii intime a atomilor, înaintînd, astfel, la ordinea zilei problema determinării structurii atomilor. Faptul că atomii elementelor suferă anumite schimbări e demonstrat de iradierea corpuri-

lor încălzite. Spectrele de emisiune și de absorbție erau un indice și mai concludent în această privință. Despre faptul că atomii au structură vorbeau și experiențele lui Faraday cu trecerea curentului electric prin soluțiile lichide. Studiind fenomenul de electroliză, savantul englez a demonstrat că atomii sînt purtători de sarcină electrică, mărimea căreia este multiplă unei sarcini elementare, cunoscută astăzi ca sarcina electronului ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) și care a fost măsurată pentru prima dată în 1909 de către experimentatorul american Robert Millikan (1868—1953) (Faraday n-a intuit existența electronilor).

Este cazul să menționăm aici că sarcina electrică este prima mărime fizică cuantificată. Orice corp încărcat poate să conțină un număr întreg de sarcini electrice (e), dar niciodată o mărime fracționară (nu este vorba de quarcuri). Drept «cuantă» a sarcinilor electrice servește sarcina electronului, la fel cum «cuantă» a banilor de care ne folosim servește copeica, cu excepția că ultima este aleasă arbitrar.

Prima dovadă directă a structurii complicate a atomului a fost obținută atunci, cînd s-a reușit să i se smulgă acestuia o «așchie». Și-au adus contribuții însemnate la această operă fizicianul german Helmholtz, care a studiat trecerea curentului electric prin electroliți, fizicianul și chimistul englez William Crookes (1832—1919), care a cercetat fenomenul descărcărilor electrice în tuburi cu gaze rarefiate (tuburile Crookes și azi ne iluminează vitrinele magazinelor), experimentatorul german Wilhelm Röntgen (1845—1923), care a descoperit un nou tip de raze, ce îi poartă numele, ș. a. Experiența de sinteză a fost efectuată, însă, de fizicianul englez Joseph Thomson, Thomson-tatăl, de la faimosul laborator Cavendish.

Cercetătorii au observat, că la trecerea unui curent electric printr-un tub umplut cu gaz la presiuni joase apăreau două feluri de radiații — anodice și catodice, care se comportau în câmpul electric și magnetic ca niște fascicule de particule încărcate pozitiv și negativ. Dat fiind faptul că ga-

zul inițial era neutru, din punct de vedere electric, era logic de presupus că în atomi sarcinile pozitive și cele negative intră în proporții egale. Ulterior efectul fotoelectric și emisia termoelectrică au confirmat acest lucru.

Savanții au mai observat că în timp ce razele anodice diferă de la gaz la gaz după masă și sarcină, razele catodice sînt identice pentru toate gazele. Ultimul fapt l-a făcut pe Joseph Thomson să enunțe în 1898 ideea existenței în atomi a unei particule, comună pentru toți atomii.

Thomson a măsurat raportul dintre sarcina și masa acestor particule. În primul rînd, a constatat că sarcina lor coincide cu sarcina electrică elementară determinată de Faraday în experiențele sale de electroliză a lichidelor, iar masa lor este de 1840 de ori mai mică decît masa atomului de hidrogen. De aici Thomson a tras concluzia că în cazul electrolizei lui Faraday ionii nu erau altceva decît atomii, care purtau sarcini electrice. Pe cînd în cazul razelor catodice din tubul lui Crookes se avea de-a face «cu înseși sarcinile electrice», niște «așchii ale atomului», «botezate» de fizicianul irlandez George Stoney (1826—1911) electroni.

Astfel a fost descoperită prima particulă elementară.

Existența electronilor dovedea structura complexă a atomilor. Totuși, cu ajutorul electronilor nu se putea explica deosebirea dintre masele atomice ale diferitelor elemente, dat fiind masa mică a electronului. Cercetările în vederea stabilirii structurii atomului trebuiau continuate.

Se credea că razele observate de Röntgen se datorează unui fenomen de fluorescență. În acest caz fenomenul trebuia să aibă loc și fără tubul catodic. Fizicianul francez Antoine Becquerel (1852—1908) a hotărît să verifice acest lucru cu ajutorul unor săruri de uraniu. El a luat o placă fotografică, a învelit-o într-o hîrtie neagră, iar pe hîrtie a împrăștiat sub forma unor figuri sarea de uraniu. Placa presărată cu sare a fost expusă pentru cîteva ore razelor solare, care trebuiau să provoace fenomenul de

fluorescență. După dezvoltare, spre bucuria savantului, pe placă a apărut imaginea figurilor de sare.

Într-o zi Becquerel și-a pregătit din nou plăcile, le-a presărat cu sare de uraniu, dar, spre regretul său, au apărut nori gri, care au acoperit Soarele, și el s-a văzut nevoit să-și strângă rechizitele în dulap. Când au venit zilele însorite, el a plecat din nou în laborator, pentru ca să-și continue experiența. A luat plăcile să le scoată afară, dar în acel moment îi vine năstrușnica idee de a le developa, fără a le mai expune razelor solare. Spre marea lui mirare, imaginea figurilor de sare și-a făcut apariția și de data aceasta.

La alte materiale noul fenomen n-a putut fi observat. Becquerel s-a convins că acesta nu-i un fenomen de luminescență, ci un fenomen produs de niște raze noi. Ele puteau să pătrundă nu numai prin coala neagră de hîrtie, ci chiar prin unele ecrane metalice, indiferent de starea chimică și fizică a sărurilor de uraniu. Razele aveau proprietăți de a ioniza aerul și de a descărca un electroscope. Puterea de emisie a sărurilor de uraniu nu slăbea cu lunile, lucru ce indica existența în natură a unor surse de energie cu mult mai puternice decît reacțiile chimice.

În acest fel Becquerel a dovedit, că există elemente chimice, care se descompun spontan și emit raze puternice. Concetățenii lui, soții Marie (1867—1934) și Pierre (1859—1906) Curie, descoperă în anul 1898 două elemente noi radioactive — poloniul și radiul, care și-au ocupat locul lor în tabelul periodic. Ca rezultat al muncii minuțioase, efectuate de soții Curie și de savanții englezi Ernest Rutherford (1871—1937) și Frederick Soddy (1877—1956), s-a constatat că atomii elementelor radioactive se dezintegrează de la sine (spontan), dînd naștere altor elemente. Dacă noile elemente sînt radioactive, ele, la rîndul lor, se dezintegrează în altele ș. a. m. d. Lanțul transformărilor se întrerupe abia atunci cînd se ajunge la un element stabil. În limbajul fizicii de astăzi spunem, de exemplu, că nucleul de uraniu, emanînd o particulă α , adică un nucleu de heliu, se transformă într-un nucleu de radon. La rîndul său, nucleul de radon

prin mai multe transmutații α și β se transformă în plumb, element stabil, care nu se dezintegrează.

Ulterior nimeni nu se mai îndoia de existența atomilor și de faptul că ei sînt niște formațiuni complexe. Între timp Joseph Thomson formulează primul model al atomului. Savantul descrie atomul ca o sferă încărcată pozitiv, în care sînt implantați electronii negativi. (Acest model se mai numea «cozonac cu stafide» și se aseamăna foarte mult cu un harbuz; rolul semințelor îl jucau electronii.) Modelul descris mai sus nu i-a prea plăcut lui Ernest Rutherford, discipolul lui Thomson.

Rutherford este acela care a rupt frontul în marea bătălie a intelectului uman pentru sfărîmarea definitivă a citadelei atomice. Fecior al unui meșter de roți de căruță din Noua Zeelandă, Ernest la vîrsta de 24 de ani are prilejul să-și continue studiile, iar mai apoi investigațiile, în renumitul laborator Cavendish din Cambridge (laborator pe care Rutherford l-a condus ultimii 20 de ani ai vieții sale), la vestitul Joseph Thomson. Chiar din primele luni ale aflării sale la Cavendish Thomson spunea despre el: «Am primit un iepure sălbatic din Țara Antipozilor, care sapă adînc».

Sub conducerea lui Thomson tînărul cercetător studiază intensiv trecerea curentului prin gazele ionizate. Pe baza acestor studii, după cum am mai spus, Joseph Thomson a descoperit electronul, descoperire menționată cu premiul Nobel. Curînd o presimțire îl face pe Rutherford să abandoneze această temă și să se ocupe de studierea razelor descoperite de Becquerel.

În primul rînd, trebuia de răspuns, ce prezintă, totuși, aceste raze. Astăzi este cunoscut că radiațiile emise de uraniu constau din trei tipuri de raze: α , β și γ . Fiind introduse într-un cîmp magnetic, primele două raze se abat în direcții opuse (una — mai tare, alta — mai slab), iar a treia nu-și schimbă direcția. Pe atunci acest lucru nici nu era bănuat măcar, și numai intuiția de geniu a lui Rutherford a putut să întrezărească în radiațiile emise de sarea de uraniu «un curcubeu» de raze. Primele două tipuri le-a descoperit el însuși în 1899, iar pe al treilea — l-a prezis.

Radioactivitatea a fost aceea care i-a deschis lui Rutherford calea spre descoperirea nucleului. Cercetătorul și-a zis, că trebuie neapărat să «sfărime» atomul, pentru a afla ce este în interiorul lui. În 1903 el dovedise deja, că razele α , emenate de substanțele radioactive, nu sînt altceva decît ioni pozitivi de heliu. Ce ar fi dacă s-ar folosi aceste particule în calitate de proiectile, pentru a «bombarda» atomul? Intuiseră el ceva odată ce se întreba: «Nu se poate întîmpla oare, ca, ținînd într-o foiță de țigară, glonte să ricoșeze înapoi»? Experiențele cu razele α au răspuns afirmativ. Indreptînd un fascicul de particule α asupra unei foițe subțiri de aur, experimentatorul a observat, că o parte din nucleeele de heliu după ciocnire se împrăstie în direcție opusă mișcării lor inițiale. Electronii din atom nu pot să provoace acest lucru, dat fiind că masa unui electron este de vreo 8000 de ori mai mică decît a unei particule α .

Atunci Rutherford enunță ideea că în interiorul atomului ar trebui să existe un «sîmbure» (un nucleu) încărcat pozitiv și cu o masă foarte mare, lovindu-se de care particulele α sar înapoi. Pătrunderea adîncă a razelor α în substanță vorbea despre faptul că dimensiunile «sîmburelui» sînt de aproximativ 10^{-12} cm, cu mult mai mici decît cele ale atomului. Calculele efectuate de Rutherford au arătat că o asemenea aranjare (în centru) a sarcinii pozitive din atom duce la o împrăștiere a particulelor alfa aflată în corespundere cu datele experimentale. Aici însă apărea o dificultate. Între nucleul pozitiv și electronii negativi (în totalitatea sa atomul este neutru) acționează în permanență o forță coulombiană de atracție, care ar trebui să apropie încontinuu electronii de nucleu și în cele din urmă să-i «îmbrățișeze» puternic. Aceasta ar însemna că în natură nu poate să existe un sistem stabil alcătuit dintr-un «sîmbure» pozitiv înconjurat de electroni negativi. Dar atomii ca sisteme stabile există, totuși, existăm noi. Care-i ieșirea din situație?

Și de data aceasta cerul l-a învățat pe om. Planetele, de asemenea, sînt atrase de Soare, dar ele nu cad pe astru. Asta se datorează faptului că ele

nu stau locului — se mișcă în jurul Soarelui. Înseamnă că și electronii trebuie să se rotească în jurul nucleului. Așa își făcu apariția modelul lui Rutherford al atomului — modelul planetar. Atomul constă dintr-un nucleu, în care-i concentrată aproape întreaga masă a atomului, în jurul căruia la distanțe foarte mari (în comparație cu dimensiunile lui) «gonesc» pe diferite orbite electronii.

Experiențele efectuate prin anii 1955—1958 de către experimentatorul american Robert Hofstadter (n. 1915) au demonstrat că nucleeele atomice au dimensiuni de ordinul 10^{-13} — 10^{-12} cm, de zeci de mii de ori mai mici ca ale atomilor. (Dacă ne-am imagina nucleul de mărimea unei mingi de fotbal, apoi electronii periferici s-ar învîrți în jurul lui la distanțe de aproximativ 10 km. În volumul pe care-l ocupă un atom se pot împacheta trilioane de nucleee. Atomul e mai mult gol decît plin cu materie. Practic noi constăm din ... goluri. «Deșertăciunea deșertăciunelor».) Densitatea materiei nucleare este enormă, de ordinul 10^{14} g/cm³. Dacă s-ar umple un degetar cu materie nucleară, el ar cîntări mai mult de o sută de milioane de tone. La scară microscopică o astfel de densitate a materiei o au stelele neutronice.

După formularea în anul 1911 a modelului planetar al atomului, savanții erau preocupați de o altă problemă: există oare vreo legătură între sarcina nucleului atomic și caracteristicile periodice ale elementelor chimice?

Problema a fost rezolvată de Henry Moseley (1887—1915), discipolul lui Rutherford. Descoperirea a făcut-o cu un an înainte de a pleca pe frontul primului război mondial, unde și-a pierdut viața. Studiînd proprietățile atomilor diferitelor elemente cu ajutorul unui spectroscop, Moseley a stabilit că sarcina nucleelor atomice Z (exprimată în unități electronice de sarcină) corespunde întocmai cu numărul de ordine Z al elementului dat din sistemul periodic, ceea ce înseamnă că sarcina nucleului Z dictează atomului, ce căsuță să ocupe în sistemul periodic al lui Mendeleev. Așadar, a fost întrezărită legătura ce există între atomii diferitelor

elemente: în nucleul atomic al fiecărui element se conține un număr întreg de protoni — nuclee ale atomilor de hidrogen.

Dacă aceasta este așa, reiese, de exemplu, că nucleul atomului de carbon, care ocupă căsuța a 6-ea a sistemului periodic, trebuie să aibă masa atomică egală cu 6. În realitate, însă, ea este egală cu 12. Pentru a ieși din situație, Rutherford presupune în 1920 existența în nucleele atomice de rînd cu protonii încă a unor particule cu masa egală cu cea a protonului, dar fără sarcină electrică. Asemenea particule, numite de fizicianul-atomist neutroni, se conțin în nucleu un număr întreg, egal cu diferența dintre numărul de masă A (masa relativă a atomului rotunjită pînă la un număr întreg) și numărul de ordine Z al atomului elementului dat. Masa atomică a carbonului se explică de acum prin existența în nucleu a 6 protoni plus 6 neutroni.

În felul acesta s-a stabilit că numărul de ordine și masa atomică indicate în tabelul periodic al lui Mendeleev reflectă structura intimă a atomului elementului dat: numărul de protoni, de neutroni și de electroni. Deosebirile calitative ale atomilor diferitelor elemente se reduc, astfel, la niște deosebiri cantitative.

Reieșind din ipoteza existenței neutronilor, Rutherford presupune că atomii elementelor trebuie să aibă și «frați» — izotopi, care locuiesc cu ei sub același «acoperiș», adică ocupă una și aceeași căsuță a tabelului periodic. Altfel spus, atomii unuia și aceluiași element, care au unul și același număr de protoni, pot conține în nucleul lor un număr diferit de neutroni și, deci, pot avea mase diferite. După ce atomii izotopilor au fost separați cu ajutorul spectrografului de masă, a devenit clar, de ce masele atomice sînt mărimi fracționare — ele sînt determinate ca mărimi medii ale maselor atomice ale mai multor izotopi.

De asemenea, lui Rutherford îi revine onoarea ca în 1919 să «sfărîme» (cuvîntul preferat al savantului) nucleul atomic. În «cioburile» obținute des-coperă nucleul atomului de hidrogen, pe care îl nu-

mește proton, ceea ce înseamnă primul, și în același timp amintește de vestitul chimist Prout.

«Sfărîmînd» nucleul, savantul englez a realizat și prima transmutație nucleară artificială, transformînd, astfel, un element chimic în altul — visul de veacuri al alchimistilor.

Experimentator cu mîini de aur și cu intuiție bogată Rutherford totdeauna s-a aflat pe creasta valului științei la care mult contribuia, dar viața lui n-a fost una de zile mari. Totdeauna a muncit cu uitare de sine, despre aceasta vorbesc mult și «urmele radioactive» lăsate de el pretutindeni. Lucrînd mereu cu substanțe radioactive, Rutherford devenise singur atît de radioactiv, încît și azi apropiînd contorul de podeaua pe care el a pășit, de tabla pe care el a scris... se aude țăcănitul sacadat ce preîntîmpină — radioactivitate.

Descoperirile făcute de Rutherford și colaboratorii săi i-au condus pe cercetători la concluzia că atomii nu mai sînt niște părțicele indivizibile, după cum și le imagina Democrit. În același timp a devenit mai clar și tabloul elementelor. Atomul unui element se deosebește de atomul altuia prin numărul de protoni, neutroni și electroni (egal cu numărul de protoni).

Modelul planetar al lui Rutherford trebuia să dea răspuns la o serie de întrebări fundamentale: cum se explică faptul că atomii diferitelor elemente au aproximativ una și aceeași dimensiune? (Un mol de orice substanță solidă ocupă practic unul și același volum.) De ce atomii, după ce sînt supuși unor modificări (schimbări de orbită a electronilor) ca rezultat al acțiunii unor forțe exterioare își revin la starea normală (la orbitele inițiale) după înlăturarea cauzelor?

Nu există atomi «noi» și atomi «ponosiți»; despre acest lucru vorbesc spectrele de emisie și de absorbție, care rămîn neschimbate, precum și alte experiențe. De exemplu, o bucată de gheață, fiind fărîmițată, prin topire și răcire poate fi din nou adusă la starea ei inițială.

Prin ce se explică faptul că atomii sînt formațiuni foarte stabile? Într-un gaz atomii, aceste

«mici sisteme planetare», se ciocnesc de milioane și milioane de ori într-o secundă și cu ei nu se întâmplă nimic. Dacă s-ar ciocni două sisteme solare, acest lucru ar avea urmări grave pentru ele — sistemele nu și-ar mai păstra individualitatea de pînă la ciocnire.

Două sisteme solare, oricît de asemănătoare ar fi, totuși se deosebesc măcar prin ceva. Oricare doi atomi ai unui și aceluiași element sînt absolut identici. Ei emit unde electromagnetice, care de fiecare dată formează unul și același ansamblu de frecvențe. Atomii de natriu de pe Pămînt și de pe Soare, de exemplu, au unul și același spectru de absorbție. La fel — proprietățile chimice ale elementelor nu se schimbă de la o măsurare la alta. Prin ce se explică identitatea aceasta a atomilor?

Modelul planetar al atomului îi era pe plac foarte mult lui Niels Bohr (1885—1962), alt discipol al lui Rutherford, și el a început să cugete asupra problemei. Dar de la bun început s-a lovit de o contradicție. Dacă electronul aleargă pe o orbită circulară, înseamnă că el se mișcă accelerat (electronul în permanență își schimbă direcția vitezei), de unde reiese, conform ecuațiilor lui Maxwell, că el trebuie să emită în continuu unde electromagnetice. Pierzîndu-și treptat energia, în cele din urmă, electronul va cădea pe nucleu, ceea ce ar însemna că atomul nu poate să existe ca sistem stabil decît doar niște fracțiuni mici de timp (el ar trebui să colapseze în mai puțin de 10^{-16} s). Existența noastră și a tot ce ne înconjoară dovedește, însă, că atomii sînt stabili. Înseamnă că aici se ascunde ceva la mijloc.

Apropiindu-se treptat de nucleu, electronii ar trebui să emită unde electromagnetice de orice frecvență. Spectrele de emisiune și de absorbție dovedesc, însă, că ei emit unde numai de anumite frecvențe, caracteristice atomului respectiv.

Fără a depăși această contradicție, nu se putea găsi răspuns nici la celelalte întrebări, înaintate modelului planetar al atomului.

Folosind ideea lui Planck despre cuante și bazîndu-se pe datele spectroscopice experimentale, acu-

mulate pînă atunci, Bohr postulează în 1913 că electronii nu se mișcă pe orice orbită, dar numai pe unele bine determinate. (Asemănător unei mingi pe o scară — ea se poate afla pe orice treaptă, însă nu între ele.) Pe aceste orbite, numite și orbite cuantificate, electronii nu iradiază și nici nu absorb energie. Ei pot să emită (sau să absoarbă) unde electromagnetice numai în cazul cînd trec de pe o orbită pe alta (de pe o «treaptă» (nivel) energetică pe alta).

Pe orbita cu cea mai mică energie (orbita fundamentală) electronul (dacă nu este supus unor forțe exterioare) «trăiește» nelimitat de mult — el nu are unde trece, doar mai jos nu există «trepte» energetice.

La început modelul lui Bohr a fost primit cu răceală de către fizicieni. Postulatele lui nu puteau fi dovedite experimental, pe lîngă aceasta erau în contradicție și cu legile mecanicii clasice. Ideile lui Bohr erau atît de neobișnuite, încît chiar Rutherford nu le înțelegea pînă la capăt. De aceea cînd cineva îl întreba cum, totuși, arată în realitate atomul, el răspundea scurt: «Întrebați-l pe Bohr, el știe mai bine». Dacă acel cineva îndrăznea să-l mai întrebe, de ce ține la Bohr mai mult ca la alți fizicieni-teoreticieni, Rutherford dădea un răspuns evaziv: «Păi, el e altfel, e fotbalist». Era și acesta un adevăr, căci Bohr în tinerețe fusese un fotbalist dibaci. Nu pentru aceasta, însă, Rutherford îl deosebea de alți cercetători, ci pentru că era un adevărat savant și un om cu literă mare.

De altfel, Bohr era stimat și iubit nu numai de Rutherford, ci de toți fizicienii și de toți compatrioții săi. Cînd savantul s-a învrednicit de premiul Nobel, bucuria lui au împărtășit-o toți danezii: pescarii și vînzătorii de înghețată, elevii și regele. Atît pentru Bohr, cît și pentru patria sa, aceasta era o mare cinste. De atunci modesta și pașnica Danemarcă este cunoscută și ca patria lui Niels Bohr, în primul rînd, apoi a untului.

Învățăatul danez era comparat cu Aristotel. Lucrările lui au pus baza unei noi științe — mecanica

cuantică. Institutul de fizică teoretică de la Copenhaga, creat de Bohr, a devenit un centru de atracție («de pelerinaj») pentru savanții din lumea întreagă, cum cândva fusese liceul lui Aristotel de la Atena. Aici au învățat Heisenberg, Pauli, Landau, Dirac ș. a. La Bohr veneau să discute cele mai acute probleme ale fizicii Einstein și Rutherford.

Dar să revenim la modelul de atom al lui Bohr.

În lumina noului model au devenit înțelese spectrele de emisiune și de absorbție ale elementelor. Electronii atomului pot să emită sau să absoarbă numai cuante de energie de mărimea diferenței dintre energia nivelului superior (E_i) și energia nivelului inferior (E_k), de pe care au loc tranzițiile $h\nu_{ik} = E_i - E_k$. Când electronul trece de pe nivelul superior pe cel inferior, el emite surplusul de energie sub forma unei cuante cu frecvența bine determinată — $\nu_{ik} = (E_i - E_k)/h$ (spectrul de emisiune). Absorbînd o radiație de aceeași frecvență, electronul de pe nivelul inferior poate din nou să treacă pe nivelul superior (în acest caz se vorbește despre spectrul de absorbție). Atomii fiecărui element au nivelele lor energetice distincte (datorită orbitelor distincte ale electronilor), din care cauză ei au și spectre de linii specifice.

Modelul de atom al lui Bohr putea de acum să explice, de ce atomii unuia și aceluiași element sînt identici între ei și stabili — ei toți se află în una și aceeași stare fundamentală, caracterizată prin una și aceeași aranjare a electronilor pe nivelele energetice cele mai inferioare.

Bohr a găsit principiul arhitectural al atomului. Dar aceasta nu era suficient, trebuiau efectuate calcule concrete. Primul lucru pe care l-a făcut Bohr a fost calcularea spectrului de emisiune al atomului de hidrogen — al celui mai ușor element.

Determinînd frecvențele fotonilor emiși la trecerea electronilor de pe nivelele 3, 4, 5... pe nivelul energetic cu numărul 2, Bohr a obținut o serie de frecvențe, care întru totul coincidea cu seria de linii în domeniul vizibil și ultraviolet, observată în 1885 în spectrul hidrogenului de fizicianul elvețian

Johann Balmer (1825—1898). Spectrul fotonilor, emiși de electroni la trecerea lor de pe nivelele energetice 4, 5, 6... pe nivelul 3, a coincis cu seria din sectorul infraroșu, descoperită în 1908 de către experimentatorul german Friedrich Paschen (1865—1947). Pe lângă aceasta, Bohr a prezis și existența unor serii necunoscute din domeniul ultraviolet și infraroșu. Seria de frecvențe a spectrului hidrogenului legată de tranzițiile electronilor de pe nivelele 2, 3, 4... pe nivelul 1 a fost descoperită în 1916 de savantul american Theodore Lyman (1874—1954). Cea legată de tranzițiile de pe nivelele 5, 6, 7... pe nivelul 4 — de către F. Brackett în 1922. În 1924 fizicianul american August Pfund (1879—1949) descoperă în spectrul hidrogenului seria legată cu tranzițiile de pe nivelele 6, 7, 8... pe nivelul 5... «Muzica sferelor», atît de căutată de Pitagora, a fost găsită de Bohr în lumea atomilor. Numai că el a găsit-o fără să renunțe la cerințele logicii și ale experienței.

Insuflețiți de noul model al atomului, fizicienii germani James Franck (1882—1964) și Gustav Hertz (1887—1975) încearcă în 1912 să efectueze un «cataclism» atomic — să schimbe cumva orbitele electronilor. Indreptînd un fascicul de electroni asupra atomilor unui gaz, ei au constatat că pentru a schimba orbita electronilor din atom, energia electronilor-ghiulea trebuie să depășească energia de mișcare a atomilor de cel puțin o mie de ori. (A devenit clar, de ce atomii în condiții obișnuite, cînd se ciocnesc între ei, nu-și schimbă structura.) În afară de aceasta, s-a observat un lucru foarte curios. Electronii-ghiulea cu energia mai mare decît energia-limită, care poate de acum provoca un «cataclism» atomic, trecînd prin norii electronici ai atomului, ori își micșorau energia cu o mărime bine determinată (specifică elementului dat), ori nu și-o schimbau deloc. (Energia pe care o pierde electronii-proiectile revine electronilor din atom). Această înseamnă că energia electronilor din atom, deci și energia atomului, nu poate fi schimbată după bunul plac al cuiva. Electronii pot să primească numai

anumite «porții» de energie, de parcă ei s-ar afla pe anumite nivele («trepte») energetice bine stabilite, la fel cum dorm găinile în coteț pe leături, aflate la înălțimi bine stabilite (ce-i drept, arbitrar).

«Cuantele» de energie, absorbite de atomii diferitelor elemente și care făceau ca electronii să treacă de pe un «leat» energetic pe altul (de pe o orbită pe alta) aveau mărimile lor caracteristice. Bunăoară, atomului de natriu i se putea transmite numai energii de 2,1; 3,18; 3,6; 7,75 electron-volți. Dacă i se propunea energii cu valoare intermediară, el nu «reacționa».

Descoperirea lui Franck și Hertz a aruncat o rază de lumină asupra stabilității spectrelor de emisie și de absorbție ale elementelor și a naturii lor discrete, confirmând, în același timp, teoria cuantică a atomului, elaborată de Bohr.

Curios lucru, cu nucleele atomice se repetă aceeași poveste ca și cu atomii. Ele, de asemenea, posedă stări energetice discrete. Numai că pentru a trece un nucleu de pe un nivel energetic pe altul mai superior, este nevoie de acum nu de câțiva electron-volți, ca în cazul atomului, ci de energii de milioane de electron-volți (MeV). Și invers, la trecerea de pe un nivel energetic superior pe unul inferior, nucleul la fel emite o «cuantă» de energie, numai că ea are o frecvență foarte înaltă și, deci, o lungime de undă foarte mică — circa 10^{-10} cm. Aceste cuante nu sînt altceva decît razele gama (γ) despre care s-a vorbit mai înainte. Mai apoi, studiind particulele elementare, fizicienii au stabilit că și ele au stări energetice discrete.

Modelul de atom al lui Bohr a repurtat o victorie frumoasă, dar el trebuia încă să mai răspundă la o serie de întrebări. De exemplu, de ce atomii diferitelor elemente au practic una și aceeași dimensiune. În afară de aceasta, sistemul periodic al elementelor rămânea încă acoperit de taină.

Electronul în atomul neexcitat al hidrogenului se află pe nivelul energetic cel mai inferior. Dacă atomul este excitat, electronul poate să «urce» pe următoarele nivele («trepte»), situate mai sus la anumite distanțe energetice de primul.

Dar cum stau lucrurile cu atomii celorlalte elemente?

Era logic de admis că, trecînd la următorul atom, care are de acum cu un electron mai mult, electronul adăugător se situează tot pe cel mai de jos nivel energetic.

Dacă aceasta ar fi fost așa, apoi cu creșterea numărului de ordine al elementelor, grație atracției în creștere din partea nucleului încărcat pozitiv, «orbitalele» electronilor s-ar situa tot mai aproape și mai aproape de nucleu, ceea ce ar însemna o micșorare a dimensiunilor atomilor elementelor odată cu creșterea numărului de ordine al elementului. Un rezultat aflat în flagrant conflict cu experiența.

Dacă electronii atomilor ai celorlalte elemente s-ar situa pe nivelul energetic cel mai de jos, proprietățile atomilor cu mai mulți electroni nu s-ar deosebi esențial de cele ale atomului de hidrogen. Atunci prin ce se explică faptul că criptonul, de exemplu, care conține 36 de electroni, este gaz și nu formează compuși, iar rubidiul, care are cu un electron mai mult, este metal? Cum de înțelege că un electron cu o masă atît de mică în comparație cu masa atomului schimbă atît de radical proprietățile atomilor?

Toate aceste probleme și-au găsit dezlegare abia după ce fizicianul elvețian Wolfgang Pauli (1890—1958) a enunțat vestitul său principiu al exclusiunii.

Multisecularele observații astronomice au demonstrat că toate corpurile cerești se rotesc în jurul axelor proprii. Orice corp care se rotește, însă, posedă un moment cinetic. Conform acestor constatări, fizicienii americani Samuel Goudsmit (1902—1979) și George Uhlenbeck (1900) postulează în 1925 existența unui moment cinetic și la electron, moment care a fost numit spin. Numai că de acum spinul, ca și sarcina electrică, este o caracteristică intrinsecă. Dacă spinul s-ar datora rotației electronului în jurul axei sale, apoi punctele de pe suprafața electronului s-ar mișca cu o viteză de o sută de ori mai mare decît cea a luminii. Deși uneori se vor-

bește despre rotația electronului în jurul axei sale, totdeauna se subînțelege fenomenul de spin.

După cum s-a stabilit mai târziu, orice particulă elementară posedă moment cinetic propriu.

Spre deosebire de corpurile macroscopice, care pot avea orice moment (un titirez, de exemplu, poate să se învîrte cu orice viteză, poate fi chiar oprit din iureșul rotației sale), particulele elementare au un spin J constant, mărimea căruia (în unități $\hbar = h/2\pi$, h — constanta lui Planck, $\pi = 3,14...$) este un număr întreg sau semiîntreg. La fel este cuantificată și proiecția acestor spini J_z pe orice direcție z ; J_z poate să ia numai valori întregi sau semiîntregi cuprinse între $-J$ și $+J$, în total $(2J+1)$ valori.

Particulele elementare, care posedă un spin semiîntreg ($J = 1/2, 3/2, 5/2...$) se numesc fermioni (de la numele fizicianului italian Enrico Fermi (1901—1954)) și se supun așa-numitei statistici Fermi—Dirac, iar particulele al căror spin se caracterizează printr-un număr întreg ($J = 0, 1, 2, ...$), se numesc bosoni (de la numele fizicianului indian Jadadis Bose (1858—1937)) și se supun altei statistici — Bose—Einstein, ceea ce determină deosebirea esențială dintre bosoni și fermioni. Exemplu de fermioni: electronul, protonul, neutronul, miuonul — toți au spinul semiîntreg. Exemplu de bosoni: fotonul, mezonul π , nucleul de heliu, gravitonii — toți au spinii întregi. (Astăzi supersimetria tratează fermionii și bosonii în cadrul unei singure teorii.)

În 1925 Pauli a enunțat următorul principiu. Doi fermioni identici nu pot să se afle niciodată în una și aceeași stare. Acest principiu are un caracter universal. Dacă, de exemplu, 2 electroni au aceleași energii, impulsuri, momente cinetice orbitale ș. a., apoi în cele din urmă ei trebuie să difere prin proiecțiile spinilor lor. Unul să aibă $J_z = -1/2$ (spinul în jos), iar altul $J_z = +1/2$ (spinul în sus).

*Sub șirul lung de mîndri tei
Ședeau doi tineri singuri.*

«Luceafărul»

Dacă o «echipă de electroni, ce nu interacționează între ei, ar fi închisă într-o cutie asemănătoare ce-

lei lui Jeans, electronii nu s-ar așeza «claie peste grămadă» pe cel mai de jos nivel energetic, cum ar face-o bozonii, ci s-ar «aranja» câte doi, unul cu spinul în sus, altul cu spinul în jos, ocupînd, astfel, o mulțime de nivele energetice. Din cauza aceasta, energia minimă a unui sistem de fermioni este cu mult mai mare decît energia minimă a unui sistem cu același număr de bosoni.

În analogia noastră cu «găinile pe leaț» se poate de spus, că principiul lui Pauli interzice ca pe un leaț să se afle mai mult decît 2 găini și acelea trebuie să stea cu capetele îndreptate în direcții opuse. O a treia găină așezată pe leaț va avea numai-decît capul îndreptat în direcția primei sau celei de-a doua surate. Pentru ca să nu intre în «conflict» cu acest principiu, găina va fi nevoită să se așeze pe un leaț liber de mai sus sau pe care se află numai o singură surată.

Principiul Pauli explică, de exemplu, de ce un corp nu poate să pătrundă în altul. Cînd atomii corpurilor vin în atingere, electronii atomilor primului corp nu pot să ocupe stările electronilor atomilor corpului al doilea (ocupate), și invers.

Principiul lui Pauli «interzice» electronilor să se rotească toți pe o singură orbită în jurul nucleului, la fel ca micuții în jurul bradului. Trecînd de la un atom la următorul, electronul adăugător trebuie să se situeze pe o orbită permisă, care se află mai departe de nucleu.

Doă efecte legate de creșterea numărului de ordine al elementelor: apropierea orbitelor electronilor de centrul nucleului și ocuparea de noi orbite mai mărginașe — fac, în totalitatea lor, ca electronii exteriori ai atomilor tuturor elementelor să se afle aproximativ la una și aceeași distanță ($\sim 10^{-8}$ cm) de la centrele nucleelor proprii. Proprietățile chimice ale elementelor sînt determinate de electronii de pe ultimele orbite, din care cauză adăugînd sau scăzînd numai un electron (desigur și un proton), proprietățile chimice ale noului element se schimbă radical.

Atomul de hidrogen are în jurul său un singur electron. Conform principiului lui Pauli, el poate să mai ia pe orbita electronului său încă un electron cu proiecția spinului opusă, devenind, astfel, un ion negativ, ceea ce determină proprietățile hidrogenului în interacțiunile lui chimice.

(Aici atragem atenția asupra următorului fapt, observat pentru prima dată în 1944 de către studentul belgian Hendrik van de Hulst (1918). Deși stările energetice ale electronului în atomul de hidrogen cu proiecția spinului $+1/2$ și $-1/2$ sînt foarte apropiate ele, totuși, diferă nițel după energie. Electronul și protonul în atomul de hidrogen se află într-o legătură mai strînsă, dacă spinii lor sînt îndreptați în aceeași direcție, și într-o legătură mai slabă — dacă spinii lor sînt îndreptați în direcții opuse. În Univers există situații, cînd electronul din starea superioară trece în cea inferioară, eliberînd surplusul de energie sub forma unei unde electromagnetice cu lungimea de undă de 21 cm. Asemenea unde au fost depistate. Prin intermediul lor azi se studiază structura galaxiilor. Dat fiind că hidrogenul se întilnește pretutindeni în Univers, lungimea de undă de 21 cm este folosită drept cheie pentru stabilirea unor legături cu civilizațiile posibile.)

Atomul de heliu are pe prima orbită 2 electroni cu spinii opuși. Orbita este completată, din care cauză heliul este un gaz neutru. Atomul de litiu are pe prima orbită 2 electroni, iar pe a doua — numai unul, pe care ușor îl poate ceda și din care cauză el are proprietăți de metal.

Conform modelului lui Bohr, văzut prin prisma principiului lui Pauli, electronii «gravitează» în jurul nucleului pe anumite orbite grupate în «pături» electronice. Cu creșterea numărului de ordine al nucleului, electronii încep să populeze pături tot mai exterioare și mai exterioare, păturile interioare rămînînd completate și fără schimbare. Odată cu creșterea numărului de electroni de pe pătura exterioară, se schimbă și proprietățile chimice ale elementelor. Atomii care au ultima pătură abia începută, de regu-

lă, ușor se despart de electronii ei, iar atomii care au ultima pătură aproape împlinită «împrumută» mai ușor de la careva atom electroni, pentru a-și întregi pătura. Prin aceasta se explică valențele negative și pozitive ale atomilor în reacțiile chimice. În caz dacă atomul are pătura împlinită, în reacțiile chimice el nici nu dă, nici nu ia electroni — rămîne inert (prin aceasta se explică natura gazelor inerte). Cu începerea unui nou «strat electronic» se schimbă brusc proprietățile elementului — începe o nouă perioadă în tabelul lui Mendeleev. Cînd ultimele «pături electronice» (ale atomilor) a două elemente diferite au structuri identice, elementele au proprietăți chimice asemănătoare, din care cauză ele sînt situate în una și aceeași grupă a sistemului periodic. Astfel a fost elucidată taina sistemului periodic al elementelor.

Modelul atomic al lui Bohr explică, practic, toate fenomenele atomice. De aceea fizicienii căutau să-i creeze o bază teoretică cît mai solidă. Credința de neclintit a lui de Broglie în existența armoniei în natură l-a condus la compararea atomului cu o coardă vibrantă, prinsă între două chingi. La fel cum chingile țin coarda, forțele coulombiene țin electronul în atom într-un anumit spațiu. În cele din urmă, de Broglie enunță ideea că stările (respectiv orbitele) staționare ale electronilor în atom sînt o manifestare a undelor electronice staționare. Cu alte cuvinte, electronii din atom vibrează numai cu frecvențe, care le permit să înscrie pe orbitele lor din jurul nucleului un număr întreg de semiunde (ca în cazul coardei). Ca urmare a acestui fapt, atomul excitat poate să aibă numai anumite energii, bine determinate.

În 1926 fizicianul austriac Erwin Schrödinger (1887—1961) îmbracă aceste idei, aplicate atomului de hidrogen, în haină matematică. Cu ajutorul ecuației sale el calculează spectrul energetic al atomului de hidrogen și obține «sută la sută» datele furnizate de experiență. Ecuația lui Schrödinger a pus o bază teoretică solidă modelului atomic al lui Bohr. Teoria lui Schrödinger, dezvoltată apoi de Heisen-

berg, Born, Pauli, Dirac... a constituit un moment de cotitură în perceperea naturii, remarcând nașterea unei noi fizici — mecanicii cuantice.

Ecuția lui Schrödinger determină evoluția în timp a unei funcții, numite funcția de undă «psi» (ψ), care descrie proprietățile ondulatorii ale electronului din atom (sau ale altei particule cuantice). La început nu era clară semnificația acestei funcții, dar în anul 1926 fizicianul german Max Born (1882—1970) demonstrează, că pătratul modulului ei nu este altceva decât probabilitatea electronului de a se afla la un moment de timp într-un punct anumit al spațiului. Conform noii mecanici, se poate determina numai probabilitatea cu care electronul poate avea anumite valori ale coordonatelor, dar nu locul concret unde se află el. Probabilitatea de a găsi electronul e mare în apropierea nucleului și e mică (dar nu nulă) în afara atomului.

Interpretarea dată funcției de către Born a fost o surpriză chiar pentru savantul austriac. «Dacă este nevoie, am să mă deprind și cu aceasta», — zicea Schrödinger, pe când Einstein și-a exprimat dezacordul deschis: «Dumnezeu nu joacă zaruri». Creatorul teoriei relativității era un adept aprins al determinismului laplacian și mereu căuta cusu-ruri interpretării date de Born, dar... de fiecare dată mecanica cuantică ieșea învingătoare.

Fizicianul german Werner Heisenberg (1901—1976) s-a exprimat contra determinismului laplacian și mai categoric decât Born: niciodată nu se poate măsura concomitent și cu precizie locul și impulsul unei microparticule. Ambele pot fi determinate cu o precizie cuprinsă de așa-numita relație de incertitudine (a lui Heisenberg).

Pentru ca să fie măsurată coordonata unei particule, ea trebuie «iluminată» cu o undă electromagnetică. Dar aceasta înseamnă că coordonata particulei nu poate fi măsurată cu o precizie mai mare decât lungimea de undă a radiației cu ajutorul căreia se depistează locul particulei în spațiu. Mai departe. Pentru ca particula să fie «observată», ea trebuie să

interacționeze cu unda incidentă. Acest lucru, însă, duce la o schimbare (la o nedeterminare) a impulsului particulei. Deci, cu cât e mai mică lungimea de undă a radiației, cu atât mai precis se măsoară coordonata particulei, în schimb cu atât mai imprecis se măsoară impulsul particulei, și invers — cu cât mai exact se măsoară impulsul, cu atât mai inexact se determină coordonata particulei. Produsul dintre nedeterminarea coordonatei Δx și nedeterminarea impulsului Δp a particulei are o valoare, ce totdeauna depășește mărimea $\hbar/2$: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ — așa-numita relație de incertitudine.

Relația de incertitudine a lui Heisenberg, la fel ca și principiul lui Pauli, are un caracter universal. Dat fiind că $\hbar$ este o mărime mică, de ea se ține cont numai în cazul microparticulelor, nu și în cazul obiectelor mari.

Din cauză că microparticulele «ascultă» de relația de incertitudine, noțiunea de traiectorie a particulei elementare își pierde sensul ei de altădată.

De față-i pretutindenți și pururea aieve.

«Ca o făclie...»

Orbitele electronilor din atom au în mecanica cuantică mai mult un sens abstract, decât sensul circumferințelor și elipselor pe care și le imagina Rutherford.

După stabilirea relației de incertitudine, Pauli a exclamat: «În sfârșit, deasupra teoriei cuantice a răsărit Soarele». Dacă o particulă este limitată în spațiu, apoi relația de incertitudine cere ca impulsul ei să fie cuantificat. La fel trebuie să fie cuantificat și momentul ei cinetic orbital (momentul impulsului). Momentul cinetic orbital L al electronului, ce se rotește în jurul nucleului, poate să primească valori multiple lui $\hbar$ (0, 1, 2, 3,...), ceea ce indicau și postulatele lui Bohr. De altfel, lucrul acesta fusese demonstrat și experimental, în 1922, de către cercetătorii germani Otto Stern (1888—1969) și Walter Gerlach (1889—1979).

Și proiecția (L_z) a acestui moment pe orice direcție z la fel este o mărime cuantificată — ia numai

valori întregi cuprinse între $-L$ și $+L$, în total $(2L+1)$ valori.

Trebuie menționat că de la Bohr încoace starea unei microparticule este caracterizată, în afară de energie, printr-un șir întreg de numere cuantice, ca, de exemplu, momentul orbital L și proiecția lui $-L_z$, spinul J și proiecția lui $-J_z$ sarcina Q ș.a.

Relația de incertitudine a lui Heisenberg a spulberat speranțele determiniștilor de a prezice, chiar și în principiu, evoluția Universului. Niciodată nu se va putea cunoaște cu precizie absolută coordonatele și vitezele particulelor din Univers, cu ajutorul cărora s-ar putea prezice cu certitudine soarta Universului, se poate de prezis numai probabilitatea, cu care se poate realiza o evoluție sau alta a lumii.

Vai, soarte blăstemată, ce oarbă arunci bobii,

«Andrei Mureșanu»

Prin aceasta mecanica cuantică se deosebește esențial de cea clasică.

O relație asemănătoare s-a obținut și pentru nedeterminarea energiei (ΔE) și a timpului (Δt): $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$. Nu se poate determina cu absolută precizie energia particulei într-un moment bine fixat.

În 1928 Gamow utilizează legile mecanicii cuantice pentru explicarea dezintegrării α a nucleelor. Conform mecanicii clasice, o particulă alfa nici cînd nu poate să părăsească «groapa de potențial» a nucleului. Reieșind, însă, din legile mecanicii cuantice, totdeauna există o probabilitate, deși nu prea mare, ca particula alfa să se «trezească» în afara nucleului. Cînd acest fapt se realizează, se spune că particula alfa prin «efectul tunel» a părăsit nucleul. Calculînd cu ajutorul noii teorii timpul de înjumătățire (timpul în care jumătate din nucleele unei cantități oarecare de substanță radioactivă se dezintegrează) a diferitelor elemente radioactive, savantul a obținut rezultate numerice în bună concordanță cu datele experimentale — o confirmare serioasă a justetei mecanicii cuantice.

«Efectul tunel» poate avea loc numai în cazul obiectelor de mărimi subatomice. Calculată cu aju-

torul formulelor mecanicii cuantice, de exemplu, probabilitatea ca o mașină să părăsească prin «efectul tunel» garajul stăpînului este atît de mică (0, ...), că nu ar ajunge o tablă cît Galaxia de mare, pentru a scrie toate zerourile dinaintea primei cifre nenule.

Mecanica cuantică a ridicat voalul de pe misterioasele procese de dezintegrare α , β și γ a nucleelor, a lămurit stările de agregare a substanței, a dezvăluit misterele electricității și ale magnetismului.

La dezintegrarea α nucleul radioactiv emite un nucleu de heliu și se transformă într-un element nou care are numărul de ordine și numărul de masă, respectiv, cu două și cu patru unități mai mic decît al nucleului inițial. La dezintegrarea β un neutron din nucleu se transformă într-un proton prin emitearea unui electron (și a unui antineutrino). Nucleul elementului rezultat are numărul de ordine cu o unitate mai mare. Radiația γ se produce atunci, cînd în urma unei transmutații radioactive în nucleul atomic rămîne un surplus de energie. Trecînd în stare normală nucleul emite acest surplus sub formă de unde electromagnetice cu frecvență mare (de cuante γ).

Starea de agregare a substanței depinde de caracterul mișcării moleculelor (atomilor) din ea. În gaze ele efectuează mișcări haotice. În lichide — mișcări oscilatorii în jurul unor poziții de echilibru, din care se rup ca să nimerească în alte poziții... În corpurile solide moleculele (atomii) se află în poziții bine determinate unde efectuează mișcări oscilatorii, fără a putea să se deplaseze în spațiu.

În condiții normale atomul are un număr egal de protoni și electroni, de aceea el este neutru din punctul de vedere al sarcinii electrice. Din acest motiv și substanța în condiții normale este neutră. Dat fiind că electronii au o masă cu mult mai mică ca a protonilor și se află în afara nucleului, departe de ultimul, ei se mișcă cu mult mai repede decît protonii din nucleu. De aceea se pot ușor adăuga sau înlătura electroni de la un obiect neutru. În primul caz corpul va avea un surplus de electroni și, deci, va fi încărcat negativ. În cazul al doilea corpul va avea mai mulți protoni decît electroni,

deci, va fi încărcat pozitiv. Astfel a fost lămurită problema existenței a două feluri de electricitate: «rășinoasă» și «sticloasă».

După cum am mai spus, electronii din jurul nucleului se situează în pături. Dacă păturile sînt împlinite, atomii cu greu cedează electroni. Substanțele compuse din asemenea atomi conduc prost curentul electric și se numesc izolatori. Atomii care au pătura exterioară neîmplinită pot ușor «pierde» o parte din acești electroni. Electronii «pierduți» sînt «colectivizați», devenind o «proprietate» a tuturor atomilor, din care cauză ei pot migra liber dintr-o parte a corpului în alta. Substanțele compuse din asemenea atomi conduc foarte bine electricitatea și se numesc conductori.

Ipoteza existenței unor electroni liberi în conductori, enunțată încă în 1904 de Lorentz, a fost verificată printr-o experiență foarte originală. În anul 1916 doi fizicieni, Richard Tolmen (1881—1948) și Thomas Stewart (1890), unul american, iar altul scoțian, au luat o bobină conectată la un galvanometru, au rotit-o în jurul axei proprii cu viteză mare, apoi au oprit-o brusc. La frînarea bobinei galvanometrul indica prezența unui curent electric — în deplină concordanță cu teoria lui Lorentz. În timpul frînării bobinei, electronii colectivizați, liberi, au continuat să se miște după inerție, generînd, astfel, un curent electric în bobină.

Cu creșterea temperaturii atomii conductorului se mișcă tot mai agitat și, deci, electronii liberi se vor ciocni tot mai des și mai des, ceea ce ar însemna că rezistența electrică a conductorilor de electricitate trebuie să crească odată cu temperatura, și invers — cu micșorarea temperaturii rezistența electrică trebuie să se micșoreze. Experiențele au răspuns afirmativ. Mai departe, studiul conductibilității materialelor la temperaturi foarte joase l-a condus în 1911 pe fizicianul olandez Heike Kamerling-Onnes (1853—1926) la descoperirea fenomenului de supraconductibilitate, fenomen înregistrat mai apoi, în 1986, în ceramici, și la temperaturi înalte de către fizicienii elvețieni Georg Bednorz și Alex Müller.

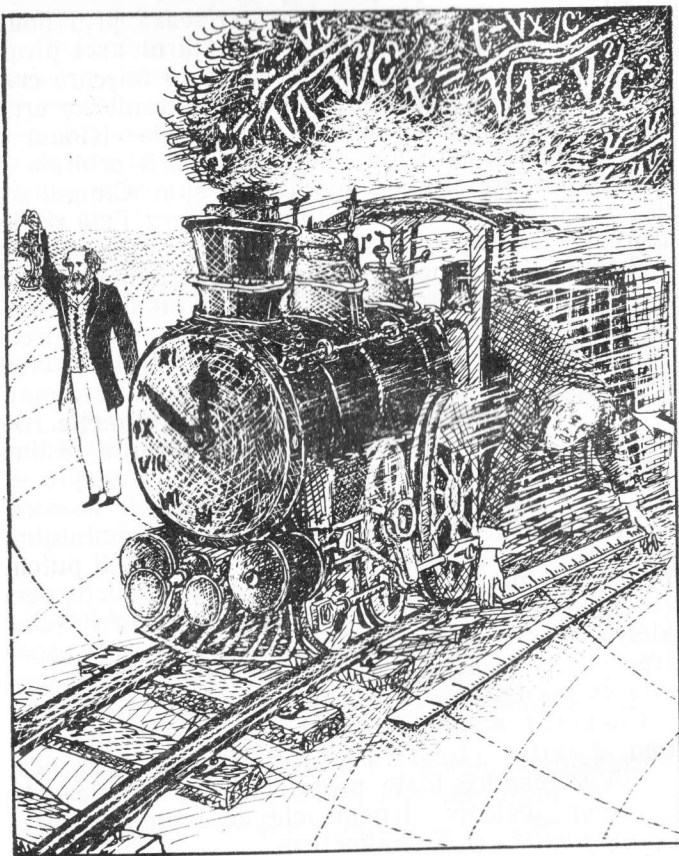
Fizicienii cred că fenomenul de supraconductibilitate se manifestă din plin în viața stelelor.

Electronii din atom se caracterizează prin două mișcări — în jurul nucleului și «în jurul axei proprii». Deoarece orice sarcină electrică în mișcare creează un câmp magnetic, rezultă că electronii vor crea două feluri de câmpuri magnetice (cît de vizionar a fost Ampere): un câmp datorat mișcării orbitale a electronilor, iar altul — mișcării de spin. Câmpul rezultat al tuturor atomilor dintr-un corp fizic va fi, însă, egal cu zero, deoarece atomii în corp se situează haotic. El începe să difere de zero numai atunci cînd câmpurile magnetice ale fiecărui atom se orientează preponderent în jurul uneia și aceleiași direcții. O magnetizare maximă a corpului se va atinge atunci, cînd câmpurile magnetice ale tuturor atomilor vor fi îndreptate în una și aceeași direcție. De obicei, atomii pot fi aranjați într-o anumită ordine sub acțiunea unor forțe exterioare, de exemplu, a unui câmp magnetic (caloriferele din casele noastre, grație influenței câmpului magnetic al Pămîntului, cu timpul se magnetizează — lucru pe care îl putem dovedi apropiînd de ele o busolă). În magnetii permanenți orientarea se păstrează și în lipsa forțelor exterioare. Magnetul tăiat în două nu duce la separarea polilor, pentru că fiecare atom în parte se prezintă ca un dipol — un mic magnet cu doi poli.

Câmpurile magnetice create de electronii din atom, datorită mișcării lor orbitale și de spin, permit să se explice toate proprietățile magnetice ale corpurilor, inclusiv fenomenele de feromagnetism, paramagnetism și diamagnetism.

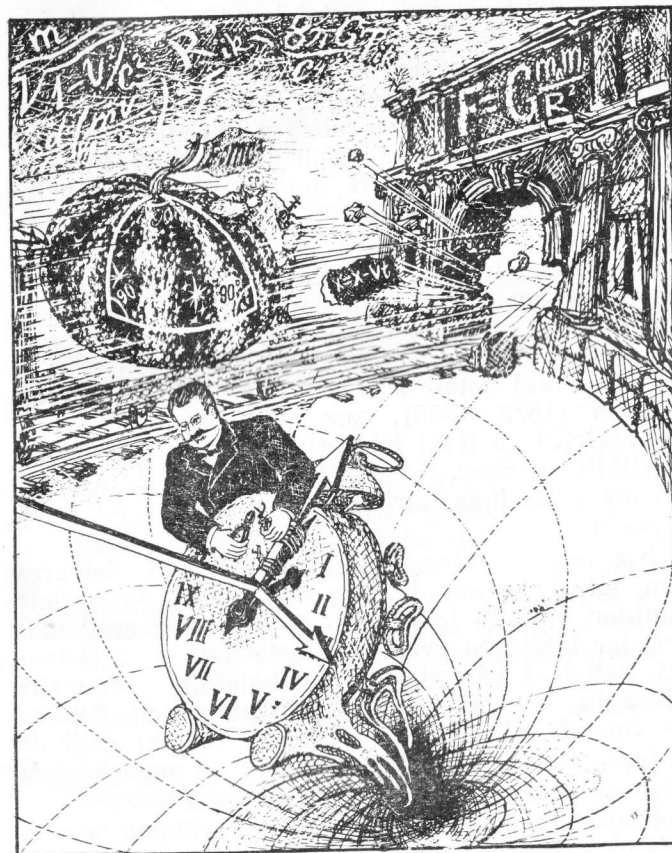
Dorinți nemărginite plantînd într-un atom.

«Impărat și proletar»



5

RELATIVITATEA — ȚARA MIRACOLELOR



*Teoria relativității
este o teorie fizică bazată
pe o interpretare
lăuntric necontradictorie...
a noțiunilor
de mișcare, spațiu, timp.*

EINSTEIN

După expresia fizicianului Landau, cea mai frumoasă teorie din toate câte există în fizică este cea a relativității. Creată la începutul veacului, ea a schimbat profund concepțiile omului despre lumea înconjurătoare, din care cauză a devenit un simbol al perfecțiunii umane, un simbol al secolului nostru.

Teoria relativității este compusă din două părți: teoria relativității restrânse și teoria relativității generalizate.

La crearea teoriei relativității restrânse și-au adus contribuții însemnate francezul Henri Poincaré (1854—1912), olandezul Lorentz, irlandezul Fitzgerald, germanul Hermann Minkowski (1864—1909) și alții. Cuvântul hotărâtor, însă, a fost spus de Albert Einstein (1879—1955), care „din fire de fapte și idei răzlețe” „a țesut frumosul covor” al teoriei relativității restrânse. Crearea teoriei relativității generalizate este, însă, atribuită unui singur om — lui Einstein.

S-a născut viitorul geniu în orașelul bavarez Ulm, situat pe malul stîng al Dunării, la poalele munților Alpi. În familie mama lui iubea mult muzica, iar tatăl său avea predilecție față de matematică, astfel că părinții i-au dat băiatului o educație aleasă în domeniul muzicii și matematicii. Anume din sînul familiei Einstein vine în lume stăpînit de pasiune mare față de fizică și față de muzică (mai ales pentru opera lui Mozart).

Cînd Albert avea 5 ani, tatăl i-a arătat o busolă. Băiatul a rămas profund impresionat: acul busolei se orienta, fără ca să fie atins de cineva. Chiar ajuns în culmea gloriei, Einstein deseori își amintea de acel moment.

Albert era un copil liniștit, într-un fel chiar retras. N-a fost elev ieșit din comun, în schimb era un dușman deschis al oricăror prejudicii sau autorități false. Avea dezgust de orice spirit «de turmă». Bineînțeles, această poziție civică a tînărului nu putea să nu aibă urmări drastice pentru el într-o școală cum era pe atunci școala germană cu patriotismul ei fals și cu tradiții militariste. În cele din urmă, Einstein este nevoit să se dezică de cetățenia ger-

mană și să părăsească obștea religioasă iudaică, fiind convins că religia amăgește oamenii. Spiritul liber și independent îl determină ca în 1895 să plece în Elveția, unde «adia vîntul libertății». Einstein se înscrie la politehnica din Zürich — școală vestită prin profesorii săi celebri. După terminarea facultății, se angajează în 1902 la Biroul de patente din Berna. Fără a fi îndrumat de cineva, se ocupă și de cercetări științifice.

În 1905, la vîrsta de 26 de ani, Albert Einstein publică trei articole, «care au zguduit lumea științifică».

*El prezentul îl răscoală cu-a gîndirilor lui faimă
Contra tot ce grămădiră veacuri lungi și frunzi mărețe.*

«Înger și demon»

Trei articole ce se refereau la trei domenii diferite ale fizicii: căldura, electricitatea și lumina.

În domeniul căldurii elaborează o teorie statistică, pe care o aplică cu succes la mișcarea browniană. În electricitate explică fenomenul fotoelectric. (Această lucrare a lui Einstein a pus baza dezvoltării mecanicii cuantice ca ramură a fizicii. Anume pentru ea i se decernează în 1922 premiul Nobel.)

A treia lucrare, cu un titlu ce nimic nu spune «Asupra electrodinamicii corpurilor în mișcare», a pus temelia teoriei relativității — «nimbul glorios al marelui savant». «După apariția lucrării dumneavoastră sînt prevăzute bătălii științifice, care nu pot fi comparate decît cu acelea, care au avut loc cîndva pentru concepția lui Copernic...», — îi scria Max Planck.

Îndată după acest articol Einstein publică faimoasa formulă $E=mc^2$, ce exprimă legătura (echivalența) dintre energie și masă. Prin calcule și raționamente simple și elegante, tînărul savant deduce că energia (E) și masa (m) sînt două fețe ale uneia și aceleiași medalii.

Dacă masa posedă energie, apoi ar trebui să fie adevărată și afirmația inversă — energia posedă masă, și, deci, trebuie să graviteze. Astfel Einstein leagă de carul triumfal al teoriei relativității legea atracției universale. În acest domeniu al fizicii, sa-

vantul întrevede un sol fertil și nedestelinit. Abandonând alte probleme, el își consacră întreaga viață teoriei relativității. La început a fost teoria relativității restrinse, bazată pe două principii, care păreau că plutesc în aer, dar reținute numai de inteligența rafinată a lui Einstein: «Toate fenomenele fizicii, nu numai cele mecanice, se desfășoară la fel în toate sistemele de referință inerțiale»; «Viteza luminii în vid c este o constantă pentru toate sistemele de referință inerțiale».

Multe dintre noțiunile utilizate de om sînt relative. Ele nu au nici un sens, dacă nu se indică condițiile în care se fac observațiile (locul, timpul, direcția), «măsura» cu care se măsoară.

Să ne-nchipuim lumea redusă la dimensiunile unui glon-te, și toate celea din ea scăzute în analogie, locuitorii acestei lumi, presupunându-i dotați cu organele noastre, ar pricepe toate celea absolut în felul și în proporțiuni-le în care le pricepem noi. Să ne-o închipuim, caeteris paribus, înmîit de mare — același lucru.*

«Sărmanul Dionis»

La începutul secolului nostru Poincare se întreba — ce s-ar întîmpla, dacă toate lucrurile din lume (și atomii, și electronii, și undele...) s-ar micșora în aceeași proporție? — și ajunge la concluzia că nici o experiență nu ar da posibilitate să se observe acest lucru. Măsura, cu care se măsoară, s-ar micșora și ea în același raport, astfel, încît după micșorarea lumii măsura se va cuprinde în dimensiunea măsurată tot de atîtea ori, ca și pînă la micșorare.

Deci, dimensiunile corpurilor, pe care le măsoară omul, sînt mărimi relative. La fel, prin comparație cu un etalon, se măsoară și intervalul de timp. Și despre el se spune că-i relativ.

Să ne adresăm o altă întrebare. Ce-i acum: ziuă sau noapte? Ziuă — va spune cel din Moldova, noapte — va spune cel din Japonia. Și noțiunile de noapte, de zi sînt relative: nu putem da un răspuns co-

* Caeteris paribus (lat.) — celelalte (calități) fiind la fel.

rect, dacă nu indicăm punctul geografic de pe glob — locul în spațiu.

Să presupunem că o casă se află la marginea drumului. Pe care parte a drumului se află: pe cea stîngă sau pe cea dreaptă? Să ne imaginăm că pe lîngă casă trec doi pietoni unul în întîmpinarea altuia. Unul va susține: casa se află pe partea dreaptă a drumului, iar altul — pe stînga. Și ambii vor avea dreptate. Deci, și noțiunile de «stînga», «dreapta» de asemenea sînt relative: ele capătă sens numai atunci, cînd se indică direcția în care se efectuează mișcarea.

Noțiunile de «sus», «jos», de asemenea, sînt relative. Ca să indicăm direcția sus, trebuie să arătăm locul pe Pămînt. Locul, spațiul tot nu sînt noțiuni absolute.

Dacă unul și același loc e relativ, atunci înseamnă că mișcarea e relativă. Să admitem că dintr-un avion s-a dat drumul la o minge, omul care se află în avion observă că mingea se mișcă în jos după o linie dreaptă, pe cînd cel de pe Pămînt vede că mingea se mișcă după o parabolă.

Mișcarea corpurilor depinde de acțiunea forțelor exterioare. Să ne închipuim un corp, asupra căruia nu acționează nici o forță. În dependență de locul de unde privim acest corp, vom observa diferite traiectorii ale lui. Cea mai simplă traiectorie o va observa omul care vede corpul în repaus. Dar cum se poate ca un corp să se afle în repaus? Trebuie ca asupra lui să nu acționeze nici o forță, deplasîndu-l, de exemplu, departe, departe de orice astru sau alt corp ceresc. Un laborator aflat pe un asemenea corp se numește laborator de repaus. Dacă într-un oarecare alt laborator legile mișcării se deosebesc de legile laboratorului aflat în repaus, se spune că laboratorul se mișcă în raport cu cel aflat în repaus.

Oare în toate laboratoarele proprietățile mișcării se vor deosebi de cel din laboratorul în repaus? Trenul se deplasează cu o viteză constantă. De pe poalița de sus a unui vagon cade o carte. Ea va descrie aceeași traiectorie, pe care ar descri-o, căzînd într-un vagon aflat în repaus. Dacă, însă, cartea ca-

de cînd vagonul ajunge la o cotitură a căii ferate, traiectoria cărții față de vagon va fi de acum alta.

Concluzia: atîta timp cît laboratorul nostru (în cazul de față vagonul) se mișcă uniform și rectiliniu față de laboratorul aflat în repaus, nu se observă nici o deviere de la legile mișcării stabilite în laboratorul aflat în repaus. E de ajuns numai să se schimbe viteza, ca mărime sau ca direcție (cotitură), și îndată se va observa cum se schimbă traiectoria corpurilor.

Odată ce nu se poate deosebi mișcarea (de altfel, nu se poate deosebi și oarecare alt fenomen fizic) în laboratorul aflat în repaus și în cel aflat în mișcare uniformă și rectilinie, se poate considera că al doilea sistem se află în repaus, și se mișcă primul.

*Se-întreabă: Fug eu? sau că lumea întreagă
A rupt-o de fugă nebună, pribeagă?*

«Diamantul Nordului»

Astfel de sisteme se numesc inerțiale. În natură nu există un sistem inerțial de referință absolut, în raport cu care să se cerceteze toate celelalte. Mișcarea și repausul la fel sînt noțiuni relative. Absolută este accelerația corpului — ea va fi una și aceeași pentru oricare observator.

Anume pornind de la relativitatea fenomenelor din natură, s-a renunțat la ipoteza eterului. Dacă eterul ar exista, el ar putea servi drept sistem de referință absolut.

Legile fizicii trebuie să fie scrise într-un astfel de limbaj, ca să fie accesibile tuturor observatorilor, indiferent de locul, timpul și starea de mișcare a lor. De exemplu, legile mecanicii cu ajutorul cărora doi observatori, aflați în locuri diferite, descriu căderea unei mingi dintr-un avion trebuie să fie scrise într-o astfel de formă, încît ambii cercetători să-și dea seama că este vorba despre una și aceeași mișcare, despre unul și același fenomen. Cu alte cuvinte, legile trebuie să le permită observatorilor să separe caracteristicile obiective ale proceselor de cele subiective. Cu probleme de acest gen se ocupă teoria relativității restrînsă.

Galilei constatare că legile mecanicii sînt invariante în toate sistemele de referință inerțiale. Adică unul și același eveniment văzut din două sisteme de referință R și R^1 poate fi descris de unele și aceleași ecuații ale mecanicii, numai că în primul caz în aceste ecuații vor intra coordonatele evenimentului măsurate față de sistemul R (x, y, z), iar în al doilea — față de sistemul R^1 (x^1, y^1, z^1).

Între coordonatele evenimentului în sistemul (x^1, y^1, z^1), aflat în mișcare rectilinie și uniformă cu viteza v , de-a lungul axei x față de referențialul R , și coordonatele evenimentului în raport cu sistemul R există următoarea legătură: $x^1 = x - vt$, $y^1 = y$, $z^1 = z$. Dat fiind că fizica preeinsteiniană admitea propagarea instantanee a interacțiunilor — timpul cînd s-a produs evenimentul în ambele sisteme se considera același ($t^1 = t$). Aceste transformări de coordonate și de timp la trecerea de la un referențial inerțial la altul se numesc transformările lui Galilei.

Principiul relativității galileiene poate fi formulat în felul următor: legile mecanicii rămîn invariante în raport cu transformările lui Galilei.

Einstein s-a întrebat: este oare valabil acest principiu și pentru alte fenomene, nemecanice? Mai ales fenomene pentru care noțiunea de cîmp este fundamentală? Prin raționament el ajunge la concluzia că legile mecanicii nu ar trebui să fie privilegiate. Și Einstein atribuie principiul relativității tuturor fenomenelor, nu numai celor mecanice.

Ecuațiile lui Maxwell s-au arătat a nu fi invariante față de transformările lui Galilei. Mai mult ca atît, reieșea că viteza luminii ar trebui să depindă de viteza sursei. Dacă ar fi așa, am putea obține viteze mai mari decît cea a luminii și atunci nimic nu ne-ar costa, ca pe viitor să urcăm într-o «rachetă fotonică» și să ajungem din urmă razele de lumină, care cîndva au părăsit Pămîntul. Evenimentele din trecut s-ar perinda în fața ochilor noștri ca un film derulat în ordine inversă. Am putea, bunăoară, restabili tabloul care se perinda înaintea ochilor lui Toma Nour.

O apucați tot mereu mai la deal și acolo văzuți, pe lângă focuri mari și aprinse-n lumina soarelui—focuri ce lingeau cu galbenele lor limbe lungi aerul cel senin și rece—șezînd roată de jur împrejur cete de români, iar pe frigări lungi frigînd berbeci și oi, chiuînd, cîntînd, horînd—într-o parte unii jucau pisînd pămîntul pietros cu opînca cea ușoară, pe cînd unul șezînd pe-un bolovan fluiera în fluier de soc.

«Geniu pustiu»

Așa ceva, însă, este imposibil. Viteza luminii (în mediul dat) este una și aceeași, indiferent se mișcă sursa sau nu, în care direcție și cu ce viteză se mișcă (și chiar dacă înainte de aceasta ea s-a mișcat printr-un alt mediu cu o viteză mai mare sau mai mică). Lucru dovedit de Michelson demult, dar în esența căruia a pătruns abia Einstein. Celebrul fizician a înțeles, că trebuie să revizuiască principiul relativității al lui Galilei — să-l înlocuiască cu altul mai general, în care să se țină cont de independența vitezei luminii de viteza sursei și a observatorului. Einstein, de asemenea, postulează că viteza luminii în vid c este o viteză-limită — nici o interacțiune din natură nu poate să se propage cu o viteză mai mare decît cea a luminii.

(Ideea existenței tahionilor, particulelor cu viteză mai mare decît cea a fotonilor, rămîne doar ... o frumoasă ipoteză. În lumea tahionilor legea cauzalității nu mai e valabilă — poți să pleci într-o călătorie și la întoarcere să-ți găsești bunelul copil în fașă.)

Două evenimente A și B pot să se afle într-o legătură unul cu altul numai în cazul cînd ele sînt despărțite printr-un interval de timp suficient ca acțiunea de la locul unde s-a petrecut evenimentul dat A să ajungă la locul unde se petrece evenimentul B .

În noul context al principiului relativității invarianța legilor fizicii (tuturor legilor, nu numai ale mecanicii) în raport cu orice sistem de referință este asigurată nu de transformările lui Galilei, ci de transformările spațial-temporale ale lui Lorentz (un nou tip de simetrie a legilor naturii). Între coordo-

natele și timpul evenimentului în sistemul R^1 și coordonatele și timpul evenimentului în referențialul R se stabilesc de acum alte relații: $x^1 = (x - vt)/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, $y^1 = y$, $z^1 = z$, $t^1 = (t - vx/c^2)/\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Pentru $v \ll c$ transformările lui Lorentz trec în transformările lui Galilei.

Ce legi urmează vremea? Cu ce drept ea apasă.

«Andrei Mureșanu»

În mecanica clasică există numai un singur ceas ($t^1 = t$), o singură scurgere a timpului pentru toți observatorii din lume. «Timpul», «simultaneitatea», «mai devreme», «acum», «mai tîrziu» aveau un caracter absolut — nu depindeau de sistemul de referință. Două evenimente, care aveau loc simultan într-un sistem de referință, aveau loc tot simultan și în oricare altul. La fel lungimea unui segment măsurat în orice referențial inerțial era aceeași. Toate acestea se datorau tezei propagării instantanee a interacțiunii.

În teoria relativității noțiunile de «acum», «mai înainte», «mai tîrziu» au un sens simplu numai atunci, cînd evenimentele se întîmplă unul lângă altul. În condițiile cînd ele au loc departe unul de altul, aceste noțiuni sînt univoce numai în cazul cînd un semnal ce se propagă cu viteza luminii ar dovedi să ajungă de la locul unde a avut loc primul eveniment pînă la locul unde a avut loc evenimentul al doilea. În caz contrar, relația «mai înainte» — «mai tîrziu» nu e univocă, depinde de mișcarea observatorului. Ceea ce-i «mai înainte» pentru un observator poate să fie «mai tîrziu» pentru altul. Asemenea evenimente nu pot fi legate cauzal, nu se pot influența unul pe altul.

Conform noii teorii a relativității, care de acum ține cont de viteza finită a propagării interacțiunilor, doi observatori aflați în sisteme de referință diferite obțin rezultate diferite atît pentru coordonatele unde a avut loc evenimentul, cît și pentru tim-

pul cînd a avut loc evenimentul. Timpul nu mai este un invariant și se schimbă similar spațiului ($t' = (t - vx/c^2)/\sqrt{1 - v^2/c^2}$).

De la Einstein încoace în concepția savanților nu mai există spațiu absolut și timp absolut. Aceste noțiuni sînt strîns legate cu sistemul de referință. Evenimentele dintr-un sistem, desfășurate în același loc, însă în momente de timp diferite, se desfășoară, totuși, în locuri diferite, dacă sînt observate din alt sistem. De exemplu, dacă doi tineri se întîlnesc în fiecare seară pe aceeași bancă din Grădina Publică din Chișinău, ei vor spune că se întîlnesc în același loc. Un observator aflat, de exemplu, pe Soare (să considerăm că așa ceva este posibil) va spune că ei nu se întîlnesc în același loc, ci la o distanță de vreo 2,5 milioane de kilometri de primul loc (drumul pe care l-a parcurs Pămîntul în jurul astrului timp de o zi și o noapte).

La fel e și cu evenimentele care se desfășoară în același timp (adică simultan), însă în locuri diferite ale unui sistem. Ele se desfășoară în momente de timp diferite, dacă sînt observate dintr-un sistem față de care se mișcă primul.

Să ne imaginăm trei «rachete folonice», aflate pe o linie dreaptă una față de alta la distanța de 2700 000 km și toate trei se mișcă în aceeași direcție cu aceeași viteză de 240 000 km/s. Din racheta din mijloc se transmit 2 semnale luminoase — spre prima și a treia rachetă. Observatorul, aflat pe această rachetă, va sesiza că peste 9 s semnalele luminoase vor ajunge simultan la prima și la a treia rachetă.

Ce va constata observatorul de pe asteroidul pe lîngă care trec cele trei rachete? În sistemul lui de referință lumina se propagă, de asemenea, cu viteza de 300 000 km/s. Racheta a treia vine în întîmpinarea luminii și de aceea ea se va întîlni cu lumina peste 5 s. Prima rachetă, care «fuge» de semnalul luminos trimis de pe racheta a doua, va fi ajunsă de ultimul peste 45 s. Deci, observatorul aflat pe asteroid va vedea că cele 2 evenimente (primirea de

către racheta 1 și 3 a semnalului luminos, transmis de pe racheta 2) nu mai sînt simultane.

Timpul nu este ceva absolut. Cu cît corpul se mișcă mai repede, cu atît timpul curge mai încet, dar numai pentru dînsul, nu și pentru celelalte corpuri.

*Porni luceafărul. Creșteau
In cer a lui aripe,
Și căi de mii de ani treceau
In tot atîtea clipe.*

«Luceafărul»

Într-un sistem aflat în mișcare față de cel al observatorului această încetinire depinde de raportul dintre viteza corpului în mișcare v și viteza luminii c — $\tau = \tau_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, τ_0 — timpul scurs în sistemul de referință al observatorului aflat în repaus, τ — în cel aflat în mișcare. Acest raport (v/c) este neglijat în viața de toate zilele (și atunci $\tau \approx \tau_0$ — timpul practic curge la fel în două sisteme de referință, care se mișcă unul față de altul cu o viteză mică), dar el este esențial în cazul microparticulelor, care se mișcă cu viteze apropiate de cea a luminii.

La început, ideii relativității timpului i s-a contrapus un test foarte serios — paradoxul fraților gemeni. Dacă unul dintre doi frați gemeni pornește într-o călătorie cosmică cu viteză mare la întoarcere el va găsi fratele rămas acasă mai bătrîn ca sine.

*Eu singur voi fi mort și îngropat cînd vei reveni tu,
căci oarele vieții tale vor fi șir de ani întregi pentru
pămînt.*

«Sărmanul Dionis»

Degrabă însă s-a înțeles că pentru a reveni, fratele plecat va fi nevoit să schimbe direcția mișcării rachetei, adică se va mișca accelerat, și aici va pierde timpul cîștigat, despre care a fost vorba mai sus.

Că într-adevăr într-un sistem de referință mobil timpul se scurge mai încet decît într-un sistem aflat în repaus ne-o dovedesc experiențele cu dezîn-

tegrarea particulelor elementare. Bunăoară, miuonii din radiația cosmică pînă a se dezintegra într-un electron, un neutrino și un antineutrino parcurg în atmosferă o distanță de cel puțin 10 km. Dar e știut că în stare de repaus durata lor de viață e de numai două milionimi de secundă. O asemenea durată de viață nu le-ar permite miuonilor să străbătă pînă la dezintegrare o distanță mai mare de 500—600 m, chiar dacă ei s-ar mișca cu o viteză egală cu cea a luminii. Pentru a parcurge o distanță de 10 km ei au nevoie de o durată de viață de 20 de ori mai mare. Fenomenul se explică tocmai prin efectul relativist al încetirii «orologiilor» corpurilor aflate în mișcare. (Subliniem aici, că aceasta este o caracteristică a timpului și nu mecanismului ceasornicului.) Particulele elementare au dovedit cu adevărat că mișcarea înseamnă viață.

În noua teorie a lui Einstein spațiul și timpul nu mai sînt independente. După cum spunea în 1908 matematicianul german Minkowski, spațiul și timpul sînt «ca două umbre» a uneia și aceleiași esențe — spațiu-timp.

Încă în secolul trecut matematicianul francez Joseph Lagrange (1736—1813) enunțase ideea că mecanica poate fi privită ca o geometrie patrudimensională. Al patrulea «frate» legitim al coordonatelor spațiale fiind timpul. Și Einstein îmbracă legile naturii în haină patrudimensională.

Conform teoriei relativității, spațiul și timpul se schimbă astfel, că în orice referențial (indiferent cu ce viteză se mișcă el) viteza luminii este una și aceeași. Teoria relativității a mai stabilit că și alte mărimi fizice, care înainte se considerau invariante — distanța, masa, intensitatea cîmpurilor electrice și magnetice... în realitate sînt tot relative. La trecerea de la un referențial la altul ele se schimbă după anumite reguli, care depind de viteza de mișcare a sistemului de referință.

Pentru a pune în mișcare un corp, ce se află în repaus este nevoie de o forță. Din legea a doua a lui Newton rezultă că dacă vom acționa în perma-

nență cu una și aceeași forță asupra unui corp, acesta se va deplasa accelerat și, deci, cu timpul putem să-i comunicăm corpului orice viteză am dori. Dar cum poate să se împace acest lucru cu faptul că în natură nu există viteze mai mari ca cea a luminii? (Să ne amintim de Aristotel, care susține că în natură nu pot fi viteze infinite.) Iată cum — spune Einstein: odată cu creșterea vitezei v , crește și masa corpului m , $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, m_0 — masa de repaus a corpului. Ulterior s-a constatat că acest lucru are loc într-adevăr și de el se ține cont atunci cînd sînt proiectate acceleratoarele de particule elementare.

Astfel stînd lucrurile, reiese că dacă unui corp i se va comunica o viteză egală cu cea a luminii, el va avea o masă infinită, ceea ce ar însemna că lui trebuie să i se aplice o forță infinită. Prin urmare, de viteza luminii ne putem apropia, dar de atins valoarea ei — nu. Numai fotonii se mișcă cu o asemenea viteză, grație faptului că ei au o masă de repaus nulă.

Dacă masa inertă m_i (anume despre ea a fost vorba pînă acum) se schimbă cu viteza, atunci din relația $m_i = m_g$, stabilită de Newton, rezultă că și masa gravitațională trebuie să se schimbe cu viteza, ceea ce înseamnă că inerția și gravitația au o geneză comună — concluzie, care l-a condus pe Einstein la crearea teoriei relativității generalizate.

Teoria relativității a stabilit cu totul noi relații între energie, impuls și viteză, măsurate de unul și același observator. Aceste relații se deosebesc esențial de cele ale mecanicii clasice atunci, cînd vitezele corpurilor sînt apropiate de cea a luminii, și trec în relațiile mecanicii clasice atunci, cînd vitezele sînt mici ($v \ll c$).

Dat fiind că fotonii totdeauna au una și aceeași viteză, din mecanica clasică reiese că ei toți ar trebui să aibă una și aceeași energie, unul și același impuls. Experiența demonstrează, însă, că impulsul și energia fotonilor se schimbă. Deși observatorii aflați în diferite sisteme de referință vor măsura di-

tegrarea particulelor elementare. Bunăoară, miuonii din radiația cosmică pînă a se dezintegra într-un electron, un neutrino și un antineutrino parcurg în atmosferă o distanță de cel puțin 10 km. Dar e știut că în stare de repaus durată lor de viață e de numai două milionimi de secundă. O asemenea durată de viață nu le-ar permite miuonilor să străbătă pînă la dezintegrare o distanță mai mare de 500—600 m, chiar dacă ei s-ar mișca cu o viteză egală cu cea a luminii. Pentru a parcurge o distanță de 10 km ei au nevoie de o durată de viață de 20 de ori mai mare. Fenomenul se explică tocmai prin efectul relativist al încetirii «orologiilor» corpurilor aflate în mișcare. (Subliniem aici, că aceasta este o caracteristică a timpului și nu mecanismului ceasornicului.) Particulele elementare au dovedit cu adevărat că mișcarea înseamnă viață.

În noua teorie a lui Einstein spațiul și timpul nu mai sînt independente. După cum spunea în 1908 matematicianul german Minkowski, spațiul și timpul sînt «ca două umbre» a uneia și aceleiași esențe — spațiu-timp.

Încă în secolul trecut matematicianul francez Joseph Lagrange (1736—1813) enunțase ideea că mecanica poate fi privită ca o geometrie patrudimensională. Al patrulea «frate» legitim al coordonatelor spațiale fiind timpul. Și Einstein îmbracă legile naturii în haină patrudimensională.

Conform teoriei relativității, spațiul și timpul se schimbă astfel, că în orice referențial (indiferent cu ce viteză se mișcă el) viteza luminii este una și aceeași. Teoria relativității a mai stabilit că și alte mărimi fizice, care înainte se considerau invariante — distanța, masa, intensitatea cîmpurilor electrice și magnetice... în realitate sînt tot relative. La trecerea de la un referențial la altul ele se schimbă după anumite reguli, care depind de viteza de mișcare a sistemului de referință.

Pentru a pune în mișcare un corp, ce se află în repaus este nevoie de o forță. Din legea a doua a lui Newton rezultă că dacă vom acționa în perma-

nență cu una și aceeași forță asupra unui corp, acesta se va deplasa accelerat și, deci, cu timpul putem să-i comunicăm corpului orice viteză am dori. Dar cum poate să se împace acest lucru cu faptul că în natură nu există viteze mai mari ca cea a luminii? (Să ne amintim de Aristotel, care susținea că în natură nu pot fi viteze infinite.) Iată cum — spune Einstein: odată cu creșterea vitezei v , crește și masa corpului m , $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, m_0 — masa de repaus a corpului. Ulterior s-a constatat că acest lucru are loc într-adevăr și de el se ține cont atunci cînd sînt proiectate acceleratoarele de particule elementare.

Astfel stînd lucrurile, reiese că dacă unui corp i se va comunica o viteză egală cu cea a luminii, el va avea o masă infinită, ceea ce ar însemna că lui trebuie să i se aplice o forță infinită. Prin urmare, de viteza luminii ne putem apropia, dar de atins valoarea ei — nu. Numai fotonii se mișcă cu o asemenea viteză, grație faptului că ei au o masă de repaus nulă.

Dacă masa inertă m_i (anume despre ea a fost vorba pînă acum) se schimbă cu viteza, atunci din relația $m_i = m_g$, stabilită de Newton, rezultă că și masa gravitațională trebuie să se schimbe cu viteza, ceea ce înseamnă că inerția și gravitația au o geneză comună — concluzie, care l-a condus pe Einstein la crearea teoriei relativității generalizate.

Teoria relativității a stabilit cu totul noi relații între energie, impuls și viteză, măsurate de unul și același observator. Aceste relații se deosebesc esențial de cele ale mecanicii clasice atunci, cînd vitezele corpurilor sînt apropiate de cea a luminii, și trec în relațiile mecanicii clasice atunci, cînd vitezele sînt mici ($v \ll c$).

Dat fiind că fotonii totdeauna au una și aceeași viteză, din mecanica clasică reiese că ei toți ar trebui să aibă una și aceeași energie, unul și același impuls. Experiența demonstrează, însă, că impulsul și energia fotonilor se schimbă. Deși observatorii aflați în diferite sisteme de referință vor măsura di-

ferite impulsuri și energii ale fotonului, raportul dintre energia E a fotonului și impulsul p va fi pentru ei toți o mărime constantă egală cu viteza luminii ($E/p=c$).

Din teoria lui Newton reiese că energia și impulsul corpurilor aflate în repaus sînt egale cu zero. De aici rezultă că orice observator (chiar și cel ce se mișcă față de aceste corpuri), care măsoară energia și impulsul unor asemenea corpuri, trebuie să obțină un rezultat nul. În realitate, însă, aceasta nu are loc, deoarece orice corp, particulă, mai depozitează în sine o energie de repaus, care-i una și aceeași pentru toți observatorii. Și atunci energia și impulsul măsurat de diferiți observatori vor fi proporționale acestei energii de repaus E_0 : $E=E_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$; $\vec{p}=(E_0/c^2) \cdot (\vec{v}/\sqrt{1-v^2/c^2})$.

Dat fiind valoarea foarte mare a vitezei luminii, energia de repaus ($E_0=m_0c^2$) este cel mai mare rezervor de energie din natură. O cărămidă de 2 kg, de exemplu, posedă o energie de repaus de $5 \cdot 10^{10}$ kWh — mai mare decît energia electrică pe care o consumă timp de un an o metropolă.

Această consecință a teoriei relativității a dus la prezicerea reacțiilor nucleare de fisiune și de fuziune, a dat posibilitate să fie înțelese procesele ce au loc pe Soare și pe alte stele.

Energia de repaus a unui nucleu de heliu e mai mică aproximativ cu 1% decît energia de repaus a celor doi protoni și doi neutroni, din care el este constituit. De aceea cînd are loc sinteza a doi protoni și doi neutroni într-un nucleu de heliu, această energie (1%) este eliberată sub formă de radiații. O asemenea energie eliberează în permanență Soarele, omul obținînd-o în cazul bombei cu hidrogen.

Energia de repaus poate fi eliberată aproape integral sub formă de radiații în procesele de anihilare a materiei cu antimateria (punînd, de exemplu, pe cărămida sus amintită o «anticărămidă»).

În procesele în care particulele elementare constituite ale corpurilor nu suferă schimbări intrinseci masa și energia de repaus a corpurilor nu se

schimbă și putem vorbi de două legi de conservare — a masei și a energiei. În procesele în care particulele constituite suferă schimbări intrinseci masa și energia de repaus nu se mai conservă (un fier înfierbîntat are o masă nițel mai mare decît unul rece), se conservă numai energia totală. În loc de două legi de conservare fizicienii vorbesc numai de una — de conservare a energiei-masă.

Pînă la Einstein se credea că există 2 feluri deosebite de materie: substanță și cîmp. Cu stabilirea relației (echivalenței) dintre masă și energie a devenit clar că între substanță și cîmp nu există nici o deosebire calitativă. Pur și simplu, substanța se caracterizează printr-o densitate de energie cu mult mai mare ca cea a cîmpului.

Lui Einstein nu-i prea convenea faptul că sistemele de referință inerțiale sînt privilegiate și el se hotărîște să generalizeze ecuațiile teoriei relativității restrinse și pentru sistemele de referință neinerțiale, ce se mișcă unul față de altul accelerat.

Savantul a pornit de la o «experiență mintală». Și-a imaginat un observator într-un ascensor închis, aflat undeva în spațiu cosmic. Prin raționament a ajuns la concluzia că observatorul din ascensor n-ar putea deosebi, dacă ascensorul său cade sub acțiunea forțelor de gravitație pe un corp ceresc sau este mișcat cu aceeași accelerație de un vehicul cosmic. (Este știut că accelerația căderii libere a corpurilor nu depinde de masa lor.) În ambele cazuri orice experiență efectuată în ascensor ar da unul și același rezultat. Aceasta înseamnă că un cîmp gravitațional uniform acționează asupra tuturor proceselor la fel ca și o mișcare uniform-accelerată. Prin urmare, acțiunea cîmpului gravitațional asupra unui corp poate fi privită ca o mișcare accelerată a acestui corp. Deci, folosind un sistem de referință care se mișcă accelerat, problema în cauză poate fi tratată fără a apela la noțiunea de gravitație.

Astfel, a văzut lumina teoria relativității generalizate, valabilă pentru toate sistemele de referință, nu numai pentru cele inerțiale. La cele două postulate din teoria relativității restrinse s-a mai adău-

gat unul, numit principiul echivalenței: pentru toate fenomenele fizice câmpul gravitațional este echivalent cu un câmp inerțial. Drept consecință a acestui principiu reiese egalitatea dintre masa inertă și cea gravitațională, egalitate verificată experimental de către fizicianul rus Vladimir Borisovici Braghinski (1931) pînă la al doisprezecelea semn după virgulă.

Legile lui Newton sînt invariante față de transformările lui Galilei, ecuațiile lui Maxwell — nu. Teoria relativității a trecut de la transformările lui Galilei la cele ale lui Lorentz. De acum ecuațiile lui Maxwell erau invariante față de transformările noi, pe cînd legile lui Newton — nu. Legile mecanicii clasice trebuiau modificate. Și de ce anume ele?

*La steaua care-a răsărit
E-o cale-atît de lungă,
Că mii de ani i-au trebuit
Luminii să ne-ajungă.*

*Poate de mult s-a stins din drum
În depărtări albastre,
Iar raza ei abia acum
Luci vederii noastre.*

*Icoana stelei ce-a murit
Încet pe cer se suie:
Era pe cînd nu s-a zărit,
Azi o vedem, și nu e.*

«La steaua»

Noi vedem steaua. Reieșind din legea atracției universale a lui Newton, se poate spune că steaua acționează asupra Pămîntului cu o oarecare forță F_1 . Conform legii a treia a lui Newton și Pămîntul acționează asupra stelei cu o forță F_2 egală ca mărime cu F_1 , dar opusă ca direcție. Steaua acționează asupra Pămîntului și Pămîntul acționează asupra stelei, pe cînd astrul ... demult nu mai e. Concluzia ce rezultă de aici e că legea a treia a lui Newton nu mai este valabilă la distanțe atît de mari. Newton presupunea că interacțiunea se propagă la distanță instantaneu, în realitate ea se propagă (prin intermediul câmpului) cu o viteză finită.

Acuma este clar de ce trebuiau modificate anume legile lui Newton — ele au un domeniu restrîns de aplicare.

Dar ... legile mecanicii clasice poartă haine cusute după croiala spațiului euclidian. Atunci ce ne facem cu postulatele ce stau la baza geometriei euclidiene, doar ele nu se deduc din experiențe?

Știința s-a văzut nevoită să revadă și noțiunea de «spațiu», fapt care a dus la schimbări radicale în atitudinea fizicii față de știința spațiului geometric. La baza mecanicii lui Galilei—Newton stă geometria euclidiană. Se credea pe timpuri, și azi mulți mai cred că legile geometriei euclidiene sînt în același timp și legi ale spațiului fizic.

Primul, care și-a adresat întrebarea ce relație există între spațiul geometric și spațiul real, a fost «Copernic al matematicii», — renumitul matematician rus Nikolai Ivanovici Lobacevski (1792—1856).

— Dacă în această sară aș încerca să mă duc într-un spațiu zidit cu totul după voia mea...?

«Sărmanul Dionis»

Lobacevski a observat că un «pilon» de la edificiul geometriei lui Euclid «se clatină». Acest pilon era postulatul despre dreptele paralele — printr-un punct la o dreaptă într-un plan se poate duce numai o singură paralelă. Înlocuind acest «pilon» printr-un altul — printr-un punct la o dreaptă se pot duce două paralele și o infinitate de drepte, care nu se întretaie. Lobacevski a obținut în 1826 o geometrie nouă tot atît de necontradictorie ca și cea a lui Euclid, numai că spațiul acestei geometrii avea proprietăți distincte de cele ale spațiului euclidian (un spațiu zidit întru totul după vrerea autorului). Idei asemănătoare au dezvoltat matematicianul transilvănean Janos Bolyai (1802—1860) și matematicianul german Karl Gauss (1777—1855).

Fiecare dintre noi știe că suma unghiurilor unui triunghi este de 180° . Dar nu se poate de admis oare că această sumă poate fi mai mare sau mai mică decît această valoare? Să încercăm să desenăm un triunghi pe o suprafață sferică (pe un har-

buz, de exemplu). De îndată ne vom convinge că suma unghiurilor într-un asemenea triunghi depășește cifra de 180° . Suprafața sferei este un exemplu de spațiu bidimensional neeuclidian, proprietățile căruia se deosebesc de cele ale unui spațiu euclidian (a unei suprafețe plane). Axioma despre dreptele paralele, la fel și teorema lui Pitagora, aici nu mai este valabilă, «lucru ce arată relativitatea adevărului», vorba lui Eminescu («Umbra mea»).

Un spațiu neeuclidian tridimensional este, însă, greu de imaginat.

Matematicianul german Georg Riemann (1826—1866) dezvoltă mai departe ideile lui Lobacevski. În 1845 el analizează un spațiu, curbura căruia se schimbă de la un punct la altul, și ajunge la concluzia că n-are sens de vorbit despre spațiu, fără a lua în considerație materia din el. Configurația spațiului este determinată de repartizarea materiei în el. Mișcarea corpurilor în spațiu este un rezultat al schimbării curburii spațiului tridimensional. Fiind dezvoltate mai departe de către Riemann, Einstein, Kaluza ș. a., ideile lui Lobacevski au pătruns adânc în concepțiile fizicii moderne despre spațiu.

Să revenim la geometria lui Euclid, care are la baza ei câteva postulate, și să ne oprim la arhicunoscuta noțiune de linie dreaptă — linie pe care oricât am continua-o în ambele părți, ea nu se va întretaia niciodată. O riglă am putea-o determina dacă este dreaptă, punând-o în dreptul ochilor și privind de-a lungul ei. Dar ce ne facem dacă-i întuneric? Reiese, deci, că noțiunea de linie dreaptă noi am pus-o în directă legătură cu legea propagării luminii. Vrînd-nevrînd, oamenii au afirmat că lumina se propagă rectiliniu, conform definiției geometriei lui Euclid. În cazul când evenimentele au loc pe Pământ, practic nu se comite nici o greșală. Să încercăm să aflăm, ce modificări ar suferi noțiunea de linie dreaptă în cazul când evenimentele ar avea loc pe un colapsar — pe o gaură neagră. Dacă un observator aflat pe colapsar ar lua drept linie dreaptă traiectoria propagării luminii, cum s-a procedat pînă la

teoria relativității, atunci cum li s-ar părea celor de pe Pământ linia dreaptă a observatorului?

Dacă el, de exemplu, ar trimite spre Terra o rază de lumină, ea va fi atrasă înapoi de colapsar și va cădea pe el sau, în cel mai bun caz, se va roti în jurul lui pe o orbită circulară. Și dacă observatorul de pe colapsar definește linia dreaptă, drept «linia» propagării luminii, cei de pe Pământ vor vedea că linia lui dreaptă ... se întretaie. Exemplul acesta ne convinge că axioma lui Euclid referitoare la linia dreaptă este un enunț, ce nicidecum nu-i legat de experiență. Dar ce ar fi dacă am lega noțiunea de linie dreaptă de legea propagării luminii? Apar două alternative: ori geometria spațiului fizic este abstractă, ori ea e indisolubil legată cu materia. În primul caz se spune că spațiul este euclidian, iar în al doilea — neeuclidian. Anume aici se află și punctul de tangență dintre lumea lui Newton și cea a lui Einstein. Conform viziunii lui Newton, spațiul este euclidian, iar particulele se pot deplasa pe traiectorii curbe numai în cazul când asupra lor acționează o forță. Conform teoriei relativității generale, însă, spațiul nu mai este euclidian, adică e curbat, iar particulele se mișcă totdeauna pe traiectorii, care, la curbura dată a spațiului, coincid cu liniile drumului cel mai scurt dintre două puncte ale traiectoriei — cu o geodezică.

Pentru claritate să ne imaginăm două nave, cosmice, care, mișcîndu-se paralel una față de alta, ni-meresc în raza de acțiune a cîmpului gravitațional al unei stele. Navele vor fi atrase de astru. Conform legii atracției universale, cu cît ele vor trece mai aproape de stea, cu atît mai puternic vor fi atrase. În rezultat nava aflată mai aproape de stea se abate mai tare din cale decît cealaltă. După ce vor ieși din sfera de atracție a stelei, navele nu se vor mai deplasa paralel una față de alta. În limbajul fizicii lui Newton se spune că ele s-au abătut datorită cîmpului gravitațional, pe cînd în limbajul fizicii lui Einstein se spune că lîngă astru spațiul este curbat în așa fel, încît navele nu se mai mișcă paralel.

Astfel, Einstein a unit într-o sinteză strălucită mecanica și gravitația, numai că în acest caz gravitația nu este o forță, ca la Newton, ci o proprietate a spațiului patrudimensional, al spațiului «înjugat» cu timpul la același «jug» — al spațiului-timp. Prezența materiei se manifestă prin crearea de cîmpuri de gravitație, care «deformează» spațiul-timp, imprimîndu-i o anumită curbura (cu cît masa e mai mare, cu atît continuumul spațiu-timp e curbat mai tare).

Interacțiunea maselor în teoria relativității se ia în considerație prin curbura spațiului-timp. Gravitația — podul tainic prin care două bucăți de materie întrețin legătura — este privită ca o proprietate a spațiului-timp. Problema studierii mișcării unui corp în cîmpul gravitațional se reduce, astfel, la studierea liniilor geodezice. În lipsa interacțiunilor aceste linii sînt drepte și avem un spațiu euclidian, în prezența materiei ele sînt curbe și avem un spațiu neeuclidian.

Teoria lui Einstein urma unei logici de fier, dar și pentru ea verdictul trebuia să-l pronunțe experiența.

Conform legii lui Newton, planetele trebuie să se miște în jurul Soarelui după traeictorii de elipsă. Einstein spune același lucru, numai că mai adaugă că și orbitele (elipsele) planetelor trebuie să se rotească în jurul Soarelui. Ultimul fenomen, însă, este atît de slab, că poate fi observat numai la cea mai apropiată planetă de Soare — Mercur. Deplasarea seculară a periheliului lui Mercur de $43''$, observată încă de Le Verrier, concorda de minune cu cifra teoretică obținută de Einstein.

Conform teoriei lui Einstein, cuanta de lumină poate fi privită ca o particulă cu masă ($m = E/c^2$), ceea ce înseamnă că traiectoria ei într-un cîmp gravitațional trebuie să devieze. Dacă în timpul unei eclipse solare s-ar fotografia regiunea cerului cu stelele ce se văd în jurul Soarelui acoperit de Lună, iar apoi din același loc s-ar fotografia aceeași porțiune a cerului noaptea, cînd Soarele nu mai stă în

calea luminii de la stele, apoi ar trebui să se obțină două fotografii nițel diferite. În primul clișeu stelele trebuie să fie mai îndepărtate unele de altele, dat fiind abaterii luminii de la stele la trecerea prin vecinătatea Soarelui (deviind în apropierea Soarelui, lumina stelei pare că vine din alt punct al cerului).

La 29 mai 1919 două expediții engleze sub conducerea astrofizicianului Arthur Eddington (1882—1944), una în Africa, iar alta în America de Sud, urmărind o eclipsă solară, au confirmat prezicerile genialului teoretician. Descoperirea a avut o rezonanță mare în lume. Einstein este invitat să țină prelegeri în cele mai mari centre științifice din lume: Leiden, Paris, Praga, Tokyo, Madrid, Ierusalim... Pentru mulți aceste prelegeri erau o adevărată revelație. Cei care înțelegeau mai puțin despre ceea ce se vorbea, dar fiind mîndri de frumoasa victorie raportată de spiritul omenesc asupra naturii, se certau după lecții pentru o bucată de cretă, cu care a scris marele savant. Unii mai inventivi au păstrat pentru posteritate chiar și tablele cu formule scrise de Einstein.

Dar nu se poate oare de verificat acțiunea gravitației asupra luminii și în condiții de laborator?

Dacă o cuantă de lumină cu masa m cade de la o înălțime H de la suprafața Pămîntului, apoi pînă la sol ea va acumula o energie egală cu mgH (g — accelerația căderii libere). Ca rezultat energia cuantei la sol va fi mai mare decît la înălțimea H , lucru ce va duce la o creștere a frecvenței luminii cu mgH/h (h — constanta lui Planck). Creșterea relativă a frecvenței în condiții terestre este atît de mică (de ordinul 10^{-16}), încît nimeni nu se mai gîndea că va putea fi cîndva măsurată. Dar iată că în anul 1958 Rudolf Mössbauer (n. 1929), tînar savant german, descoperă efectul (care-i poartă numele) de absorbție și de emisie fără recul a cuantelor γ de către nucleele atomice.

Se știe că sărind spre mal dintr-o barcă mică, aflată lîngă mal, putem ușor cădea în apă, deoarece

barca se va deplasa în direcția opusă. Dacă, însă sărim dintr-un vapor mare, sîntem scutiți de aceste temeri, deoarece deplasarea vaporului va fi minimă din cauza masei sale mari. Mössbauer dovedește, la început teoretic, apoi experimental, că dacă nucleul atomic, care absoarbe și emite cuante γ , este încalcat într-o rețea cristalină, practic nu mai are loc fenomenul de recul. Impulsul de recul se transmite nu unui singur nucleu, ci în cazul nucleelor libere, ci întregului cristal. Din această cauză toate cuantele emise de diferite nuclee excitate, încorporate în rețeaua cristalină au practic una și aceeași energie (una și aceeași frecvență): spălăcirea spectrului radiațiilor emise în acest caz este minimă. Dar ce înseamnă aceasta?

Dacă se iradiază nucleele încorporate în cristal cu cuante γ care au frecvență egală cu cea de rezonanță, nucleele vor absorbi aceste cuante. Dacă, însă, se va schimba nițel frecvența cuantelor, nucleele nu le vor mai absorbi. Efectul Mössbauer este atât de fin, încît a dat posibilitate fizicienilor în 1960 să măsoare cu mare precizie adaosul de energie a unor cuante, ce cădeau de la o înălțime de numai 20 m, încă o confirmare elocventă a măreției ecuațiilor einsteiniene.

În capitolul 2 s-a spus că orice particulă ce posedă sarcină electrică și se mișcă accelerat iradiază unde electromagnetice. Frecvența acestor unde depinde de accelerația particulei. Dat fiind că efectele de gravitație sînt echivalente cu niște mișcări accelerate, reiese că lumina emisă de atomul unui element chimic aflat pe un corp ceresc cu masa mare va avea o frecvență mai mică decît gemenii săi de pe Pămînt. Deplasarea spre roșu a spectrelor elementelor aflate pe corpuri cerești cu masă mare a fost înregistrată experimental — o nouă adevărire a teoriei relativității generalizate. Ultimul fapt experimental demonstrează că din punctul de vedere al unui observator exterior ceasul unui alt observator aflat pe un corp ceresc merge mai încet, și cu atît mai mult, cu cît cîmpul gravitațional al corpului ceresc este mai intens.

*Timpul lor? O oră din viața ta va fi un veac pentru ei.
«Sărmanul Dionis»*

Dacă corpul ceresc suferă un colaps gravitațional, observatorul exterior va constata că ceasul bietului observator de pe astrul în convulsie încontinuu își încetinește mersul și, în cele din urmă, cînd astrul trece sub «linia de orizont» a găurii negre (devine gaură neagră), se oprește.

*Cîte-o stea întîrziată stinge izvorul ei mic.
Timpul mort și-ntinde membrii și devine veșnicie.*

«Memento mori»

Rîul vremii a înghețat complet.

Din cele spuse pînă acum rezultă că timpul determinat de fiecare observator aparte depinde de mișcarea relativă a acestuia, la fel și de cîmpul gravitațional, în care el se află. Într-o asemenea situație pare a fi imposibil de a indica o vreme comună pentru întreaga lume materială, după cum făcea Newton, dacă se ține cont de faptul că Universul se află în expansiune și, prin urmare, cîmpul său gravitațional se schimbă încontinuu. Dar expansiunea lui se produce astfel, încît la scară mare Universul rămîne omogen și izotrop (o dovedesc cercetările astrofizice, de exemplu, studiul razelor relicte), ceea ce se răsfrînge asupra «ceasurilor galaxiilor» la fel. Acest fapt dă posibilitate și fizicienilor de azi să se folosească de noțiunea de timp comun pentru întreg Universul.

Legea gravitației a lui Newton leagă mișcarea unui corp de aici cu acțiunea altui corp aflat la orice distanță. Teoria relativității este deja, ca și teoria lui Maxwell, o teorie a cîmpului. Ecuațiile lui Einstein leagă evenimentele de aici și de acum cu evenimentele care vor avea loc în vecinătate ceva mai tîrziu.

Teoria relativității este un adevărat colos, care cuprinde cu «privirea» sa toate fenomenele cunoscute din natură. La ea recurge astronomii cînd descriu fenomenele din Univers, de ea se conduc fizicienii cînd explică procesele din lumea particulelor elemen-

tare. Iată de ce lumea văzută prin prisma învățăturii einsteiniene se mai numește și «lumea lui Einstein».

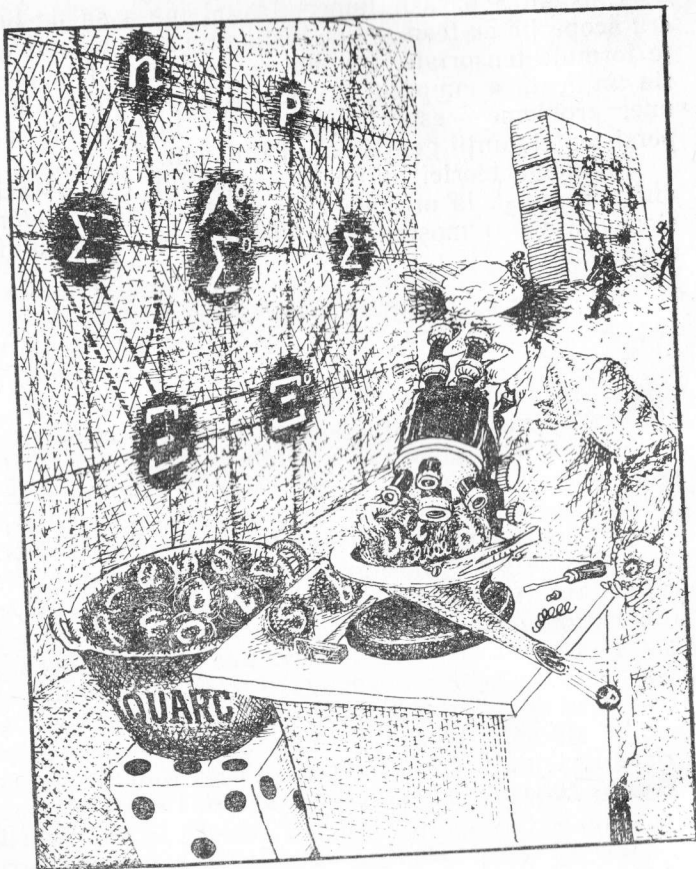
Cu cât mai multe fapte din spectacolul lumii cuprinde o teorie, cu atât mai veridic reflectă ea în mințile oamenilor armonia Universului. De acest lucru își dădea bine seama Einstein și el și-a pus ca scop să extindă ecuațiile teoriei relativității generalizate și asupra câmpului electromagnetic. În 1921 fizicianul german Theodor Kaluza (1885—1954) în cercă să facă acest lucru, admitând că spațiul-timp are 5 dimensiuni, fapt ce l-a însuflețit mult pe Einstein.

Timp de mai bine de 35 de ani a lucrat Einstein la «teoria unificată a câmpului». Spera să unifice câmpurile gravitațional și electromagnetic «pe o bază geometrică simplă», după cum zicea Gamow, «se străduia să-i îmbrace și câmpului electromagnetic un căpăstru geometric». Einstein căuta insistent proprietatea geometrică a spațiului-timp, care ar putea să explice proprietățile câmpului electric și magnetic. De nenumărate ori i se părea că a rezolvat problema, dar spiritul său critic, care urma deviza: «Pune la îndoială toate!» îi spunea că scopul n-a fost atins. Cu timpul fizicienii experimentați și cei tineri își pierdeau încrederea în posibilitatea de a uni aceste câmpuri pe o bază geometrică. Numai Einstein (a căta oară!) o lua iarăși de la început. Munca istovitoare îl făcuse atât de susceptibil, că nu mai comunica sau discuta pe această temă cu nimeni din contemporani. Aflindu-se în Anglia, și-a expus teza la un liceu de fete și a refuzat s-o facă la Universitatea din Cambridge.

«Acum îmi dau seama, de ce mulți oameni simt plăcere, când se ocupă de tăiatul lemnului. Rezultatul muncii se vede îndată», — spunea cu necaz celebrul savant, ca mai apoi să se consoleze singur — «Aspirația spre adevăr e mai de preț decât posesia sigură a adevărului». Tot de povește lumești ține și formula succesului scrisă de Einstein: $x = a + b + c$, unde x e succesul, a — talentul, b — capacitatea de muncă și c — însușirea de a ține limba după dinți.

Einstein a părăsit lumea, lăsând masa sa de lucru acoperită cu teancuri de hîrtii, scrise cu complicate formule tensoriale, formule ce se refereau la teoria unificată a câmpului. 35 de ani de muncă asupra unei probleme — este un adevărat monument al persistenței minții geniale a lui Einstein.

Problema teoriei unificate a câmpului este astăzi din nou adusă la ordinea zilei în fizica particulelor elementare — o moștenitoare directă a tezaurului einsteinian.



6
TAINELE
LUMII SUBATOMICE



Pare-mi-se,
treptat ne apropiem
de cunoașterea lumii subatomice,
nu se știe,
însă, cât de mult
am avansat pe această cale.

FEYNMAN

După ce mecanica cuantică explicase fenomenul de radioactivitate, mai rămânea de clarificat un «mic chițibuș».

Înainte de primul război mondial James Chadwick (1891—1974), ucenicul lui Rutherford, studia spectrul energetic al electronilor, emiși la dezintegrarea β a nucleelor radioactive. (Amintim aici, că la dezintegrarea β un neutron (n) din nucleul radioactiv se transformă într-un proton (p) și un electron (e^-). Protonul rămâne în nucleu — ca rezultat se formează un nucleu nou, pe când electronul — radiația β — părăsește nucleul). Era de așteptat, ca electronii emiși să aibă una și aceeași energie, determinată de legea conservării energiei, la fel ca și nucleele de heliu, emise la dezintegrarea α . Măsurătorile efectuate de Chadwick demonstrau, însă, că electronii emiși posedă diferite valori ale energiei, începând de la zero și până la o valoare-limită, ce rezultă din legea conservării energiei. Era un fenomen ieșit din comun, reieșea, deci, că în cazul când electronii au o energie mai mică decât energia-limită dispăre o parte din energie. Se întrebau savanții: unde dispăre ea și sub ce formă?

La început se credea, că energia dispăre sub forma unor radiații invizibile. Chadwick împreună cu colaboratorii săi Charles Ellis (1895—1980) și William Wooster (1903) au încercat să depisteze aceste radiații. Mai bine de 5 ani au continuat ei experiențele, dar fără succes. Era logic de admis atunci, că în lumea obiectelor subatomice nu mai este valabilă legea conservării energiei. Această părere era susținută de fizicieni de forță ca Bohr, Landau, Dirac ș. a. Dar aici a apărut o altă întrebare. De ce electronii emiși posedă numai energii mai mici decât cea care rezultă din legea conservării, nu și mai mari? Dacă poate fi pierdere de energie, de ce n-ar fi și câștig? Nu-i prea devreme oare să se pună la îndoială multatestata lege a conservării energiei? Se părea că nu. Experiențele mai arătau că la dezintegrarea β nu se conservă nici impulsul: electronii în loc să se miște în direcția opusă mișcării nucleului (ca obuzul ieșit din tun), se mișcau sub un

unghi. După dezintegrare se înregistra și o dispariție de moment cinetic egală cu $1/2$.

Răspuns la aceste întrebări a găsit Wolfgang Pauli. Savantul elvețian enunță în 1931 ideea că dispariția energiei, impulsului și a momentului cinetic la dezintegrarea β se datorează unei particule necunoscute. Particula trebuie să posede spinul $1/2$, să fie neutră (ea nu lăsa urme de ionizare în camera Wilson, de asemenea, la dezintegrarea β nu se înregistra nici o dispariție de sarcină), să aibă o masă foarte mică sau chiar nulă (particula nu putea fi reținută nici chiar de cele mai groase blocuri de plumb).

Majoritatea fizicienilor au primit ipoteza lui Pauli cu mari rezerve. La drept vorbind, chiar și Pauli avea îndoieli: «am presupus existența unei particule, prezența căreia niciodată nu va putea fi dovedită experimental», — se lîngua savantul.

Dat fiind că particula nu trebuia să posede sarcină electrică, Pauli a propus să fie numită neutron, spre deosebire de «ergon» — un fel de «hoț de energie» — după cum o poreclise fizicienii francezi. În 1932 același Chadwick, bombardînd nuclee atomice cu particule α , descoperă în «cioburile» lor niște particule neutre cu masa aproximativ egală cu cea a protonului. Aceste particule au și primit imediat denumirea de neutroni. Vestea s-a răspîndit în toată lumea.

Cînd fizicianul italian Enrico Fermi expunea la un seminar lucrarea lui Chadwick, cineva l-a întrebat, dacă neutronul lui Chadwick și cel al lui Pauli sînt identici? La care Fermi a răspuns: «Particula lui Chadwick este un neutron adevărat, pe cînd cea a lui Pauli — așa, un neutronaș». Dat fiind că «neutronaș» sună foarte frumos în italiană — «neutrino» — noul nume s-a prins de minune de particula lui Pauli.

Neutrino (ν) își avea nume, despre el se vorbea, în existența lui se credea, el singur, însă, nu-și făcea apariția.

O reacție produsă de neutrini a fost înregistrată de abia în anul 1953, de către fizicienii americani Frederic Reines (1918) și Claid Cowan (1919—

1974). Neutrînul nemijlocit n-a fost observat, ci numai particulele pe care le-a produs. Neutrînul a salvat marile principii de conservare. A fost rezolvată o problemă, dar au apărut altele noi. S-a dovedit că există nu un tip, ci trei tipuri de neutrini: electronici (ν_e), descoperiți în 1953, miuonici (ν_μ), descoperiți în 1962, și tau-leptonici (ν_τ), descoperiți în 1975. În afară de aceasta, fiecare neutrîn își are și antineutrînul său:

$$\nu_e - \bar{\nu}_e, \nu_\mu - \bar{\nu}_\mu, \nu_\tau - \bar{\nu}_\tau.$$

Existența a trei tipuri de neutrini este strîns legată de existența a trei particule — a electronului (e^-), miuonului (μ^-) și a leptonului tau (τ^-).

Astăzi neutrînul a ocupat o poziție sigură în lumea particulelor elementare, fiind atît domeniu, cît și instrument de cercetare. Omul îl pune și pe el în slujbă, la fel cum a făcut cu fotonul — purtătorul luminii, cu electronul — purtătorul curentului electric, cu protonul și neutronul — purtătorii energiei nucleare.

Un nou atac asupra citadelei nucleare a fost declanșat de un alt teoretician — englezul Paul Dirac (1902—1984).

După cum am spus mai înainte, Niels Bohr «a făcut carte» la Rutherford. Fiind «elev» sîrguincios, el în multe privințe și-a depășit învățătorul. Întors în Danemarca, de acum și la el veneau să învețe «elevi» din toată lumea. Rutherford personal i-a trimis «un băiat» — pe un oarecare Dirac, un hidrotehnician, care din lipsă de lucru s-a văzut nevoit să se recalifice în fizician-teoretician. Și Rutherford deseori venea la Bohr să discute cele mai acute probleme ale fizicii. Odată, după o asemenea discuție, Rutherford îl întrebă despre Dirac.

— E băiat deștept, dar e prea tăcut, — îi răspunse Bohr.

Rutherford începu să rîdă, lucru ce trezi nedumerirea lui Bohr.

— Să vezi cum se întîmplă, — începu Rutherford. — Odată un om a cumpărat de la un negustor un papagal. L-a adus acasă și a început să vor-

bească cu el. Încercă într-un fel, în altul, dar pasărea parcă luase apă în gură. Indignat, înșfăcă omul papagalul și veni cu el la negustor: «Papagalul dumitale nu scoate o vorbă.

— Eu vînd papagali filosofi, dar nu papagali flecari, — îi răspunse prompt negustorul.

Rutherford și-a terminat parabola și ambii savanți au rîs cu plăcere.

Și iată că tăcutul de Dirac este acela, care în anul 1928 le-a jucat fizicienilor «festa» (nu întîmplător a ocupat catedra, pe care cîndva a condus-o Newton).

Cu gîndul să facă «joncțiune» între mecanica cuantică și teoria relativității el deduce o ecuație (astăzi numită «ecuația lui Dirac») pentru electronul relativist, ce se mișcă cu viteză apropiată de cea a luminii. (Menționăm aici că odată cu această ecuație a intrat în vocabularul fizicienilor și noțiunea de «vid fizic», existența căruia a fost dovedită experimental în 1947 de către fizicienii americani Willis Lamb (1913) și Robert Rutherford (1912) și, de asemenea, cea de «monopol» — «sarcină magnetică», — descoperirea căruia ar arunca multă lumină asupra problemei cu «săgeata timpului».) Ecuația era frumoasă și simetrică (pînă aici nimic de mirare, doar crezul savantului era — «legea fizică trebuie să aibă frumusețe matematică»), dar — lucru ciudat, ea avea două soluții: una pentru electronul obișnuit, cealaltă — pentru o particulă încă necunoscută cu caracteristici identice celor ale electronului, cu deosebirea că în cîmpul magnetic ea trebuie să se miște în direcție opusă (din care cauză Gamow a botezat-o «electron-măgar»). Rezultatul a fost atît de surprinzător, că însuși Dirac mai degrabă credea în inexactitatea ecuației sale, decît în existența unei asemenea particule ciudate.

*Inzădar el grămădește lumea într-un singur semn;
Acel semn ce îl propagă, el în taină nu îl crede...*

«Memento mori»

În 1932, pe cînd Dirac încă se străduia să-și înțeleagă propria ecuație, experimentatorul american Carl Anderson (1905) descoperă în razele cos-

mice — particulele ultrarapide, care brăzdează spațiul extraterestru — pozitronul (e^+), antiparticula electronului, primul reprezentant al antimateriei.

Un an mai târziu fizicianul francez Frederic Joliot-Curie (1900—1958) dovedește experimental că un pozitron, ciocnindu-se cu un electron, se transformă în doi fotoni. Cu alte cuvinte, antiparticula și particula nu pot fi buni vecini — venind în contact, ele se anihilează.

De altfel, reacția detectată de savantul francez a fost și prima reacție înregistrată de om, în care energia de repaus ($E_0 = m_0 c^2$) a unei particule a fost eliberată definitiv sub forma unor «cuante de energie».

Reieșind din considerente de simetrie, matematicianul german Hermann Weyl (1885—1955) presupune că și protonul trebuie să posede un antipod al său — o antiparticulă.

După descoperirea pozitronului mulți fizicieni «se uitau» cu speranță la cer. În 1937 în razele cosmice au fost descoperiți miuonii (μ^- , μ^+), în 1947—1948 — mezonii π (π^+ , π^0 , π^-) și K (K^+ , K^0 , K^-), iar mai târziu — hiperonii Λ (Λ^0), Σ (Σ^+ , Σ^-), Ξ (Ξ^-) și alte particule.

La descoperirea unei noi particule se punea întrebarea: are ea sau nu un antipod ca și electronul?

Antimiuonul (μ^+) și mezonul π^- (antimezonul lui π^+ ; mezonul π^0 este echivalent cu particula sa) prin prezența lor au răspuns la această întrebare. Generalizarea ecuației lui Dirac pentru proton presupunea existența antiprotonului cu masa egală cu cea a protonului și cu sarcina electrică și momentul magnetic egale ca mărime cu a protonului, dar opuse ca semn.

La Berkeley (S.U.A.) s-a construit special un accelerator pentru generarea antiprotonilor, la care ucenicul lui Fermi, Emilio Segre (n. 1905) împreună cu fizicianul american Owen Chamberlain (n. 1920), generează și pune în evidență în anul 1955 antiprotonul ($\bar{p}$), iar ceva mai târziu și antineutronul ($\bar{n}$).

Pentru a face deosebire dintre neutron și antineutron fizicienii au introdus un nou număr cuantic — numărul barionic B . $B = +1$ pentru neutron

și $B = -1$ pentru antineutron. La fel protonul are sarcina barionică $B = +1$, iar antiprotonul $-B = -1$.

Un nucleon (proton sau neutron), adus în contact cu un antinucleon (antiproton, antineutron), se anihilează în cuante γ și mezonii π . Apariția mezonilor π la anihilarea nucleonilor vorbește despre faptul că ei interacționează altminteri decât electronii.

După descoperirea antiprotonului și antineutronului fizicienii erau de acum convinși că fiecare particulă are câte o antiparticulă proprie de aceeași masă, același timp de viață, dar cu sarcină electrică, momentul magnetic și alte caracteristici diametral opuse particulei. Când antiparticula vine în contact cu propria particulă, ambele se anihilează — se transformă spontan în particule de o altă natură. Anihilarea este proprietatea cea mai însemnată a antiparticulelor.

Savanții au izbutit să «ambaleze» antinuclee în condiții de laborator. În 1965 la Brookhaven a fost ambalat antideuteronul (constituit dintr-un antiproton și un antineutron), iar mai târziu la Serpuhov și antinucleul heliului-3. Aceste experiențe admit existența antiatomilor, antistelelor, antigalaxiilor, antilumilor.

Pe lângă problemele pe care le puneau razele cosmice existau și probleme «mai pămîntești». După ce Chadwick descoperise neutronul, devenise clar că nucleul, de asemenea, este o formațiune complexă, care constă din protoni și neutroni. Dar ce îi face pe protoni și neutroni să fie atât de strînși uniți între ei? Întrebarea nu pare trivială, dacă se ține cont de faptul că neutronii nu posedă sarcină electrică și, deci, ei nu pot să interacționeze prin intermediul câmpului electric. Pînă acum omul nu s-a întîlnit cu asemenea forțe și savanții s-au văzut nevoiți să «inventeze» un nou câmp — câmpul forțelor tari, nucleare. În conformitate cu dualismul corpuscul-undă reieșea că și acest câmp trebuie să aibă cuanta sa.

În anul 1932 fizicianul rus Igor Evghenievici Tamm (1895—1971) și independent de el Heisen-

berg presupun că interacțiunile nucleare (tari) au un caracter de schimb. Trei ani mai târziu această idee a fost dezvoltată de fizicianul japonez Hideki Yukawa (1907—1981), care conducându-se de relația de incertitudine a lui Heisenberg, enunță ipoteza că protonii și neutronii din nucleu interacționează între ei prin mijlocirea unor particule cu masa intermediară celei a electronului și a protonului. Aceste particule (cuante ale câmpului nuclear) au primit denumirea de mezoni, ceea ce înseamnă de mijloc. Nucleonii din nucleu fac între ei un neîntre-rupt schimb de mezoni, ceea ce le asigură o coeziune strânsă.

În anul 1938 Anderson descoperă în radiația cosmică două particule noi, una cu sarcină pozitivă, iar alta cu sarcină negativă, care aveau una și aceeași masă egală cu 207 mase electronice. La început ele au fost identificate cu mezonii lui Yukawa. Însă studiul detaliat al proprietăților fizice ale acestor particule a contestat acest lucru: ele nu erau captate de nuclee, ceea ce era în contradicție cu teoria lui Yukawa. În afară de aceasta, ele aveau proprietăți aproape identice cu ale electronului — fenomen rămas și pînă azi o enigmă pentru savanți. De ce oare i-a trebuit naturii și miuoni (așa au fost numite aceste particule), dacă ea avea deja electronul și pozitronul? Cine le-a comandat? — se între-bau fizicienii. Ulterior, în 1975, au mai fost descoperite 2 particule — leptonul tau-minus (τ^-) și leptonul tau-plus (τ^+) cu proprietăți asemănătoare electronului și pozitronului.

În cele din urmă, fizicienii au bănuit că mezonii descoperiți (miuonii μ) sînt un produs al dezintegrării mezoniilor lui Yukawa. În 1947 fizicianul englez Cecil Powell (1903—1969) identifică în emul-sia fotografică urme lăsate de mezonii lui Yukawa — mezonii π . Trei la număr: cu sarcină electrică pozitivă (π^+), negativă (π^-) și nulă (π^0).

Conform teoriei lui Yukawa, protonul poate să existe o fracțiune de timp (dată de relația de incertitudine) sub forma de neutron și mezon π pozitiv. Neutronul învecinat «absoarbe» mezonul virtual și se transformă într-un proton. La fel, un neutron

poate să existe sub forma de proton și mezon negativ. Protonul învecinat «absoarbe» mezonul virtual și se transformă în neutron. Astfel devenise clar, cum se realizează în nucleu o interacțiune dintre un proton și un neutron. Dar cum se produce interacțiunea dintre doi protoni sau doi neutroni? Prin intermediul mezonului π neutru, protonul (sau neutronul) emite un mezon neutru, care este absorbit de protonul (sau neutronul) vecin.

De altfel, aceste metamorfoze ale nucleonilor din nucleu explică și faptul de ce neutronii, care în stare liberă nu sînt stabili (protonii sînt stabili) nu se dezintegrează în nucleu. Mecanismul este simplu: în nucleu ei încontinuu (în timpi de 10^{-23} s) se transformă în protoni și viceversa.

Teoria cuantică a câmpului a demonstrat că toate interacțiunile din natură pot fi privite ca un schimb de particule virtuale. Bunăoară, «agenții de legătură» ai interacțiunilor electromagnetice sînt fotonii. Se crede că și câmpul gravitațional are «agentul» său — o particulă cu spinul $J=2$, numită graviton.

După construirea primelor ciclotroane puternice particulele elementare au început să apară cu duio-mul. Dacă timpul de descoperire a noi particule va rămîne același — glumeau savanții — apoi spre sfîrșitul secolului fiecărui fizician îi va reveni cîte o particulă și fiecare se va ocupa de particula sa.

Fizicienii au fost atît de nepregătiți pentru în-tîlnirea cu o avalanșă de particule noi, încît nu dovedeau nici să le dea nume.

S-a hotărît, ca fiecare particulă nouă să fie notată cu una din literele alfabetului grecesc, în ultimul timp și cu cele ale alfabetului latin. Dat fiind că particule s-au dovedit a fi mai multe decît litere în cele două alfabete, literele se completează cu simboluri, +, —, 0, *.

Astfel porniți în căutarea unor «cărămizi» fundamentale, cu ajutorul cărora s-ar putea explica varia-tatea lumii în care trăim, fizicienii descoperă o întreagă «faună» de particule elementare — care, la drept vorbind, nu sînt deloc elementare.

La un moment dat s-a simțit nevoie de a face ordine în «fauna» subparticulelor atomice. Pentru început, ca și în cazul sistemului periodic al lui Mendeleev, particulele au fost sistematizate după masă. Astfel au apărut 3 clase ale particulelor elementare, de rînd cu fotonul γ : leptonii (particule ușoare), mezonii (particule cu masa intermediară) și barionii (particule grele). Într-o măsură oarecare o asemenea clasificare corespunde sistematizării particulelor după interacțiunile lor. Ulterior, însă, au fost descoperiți leptoni (τ) mai grei ca mezonii (chiar și ca protonul) și mezonii (de exemplu, mezonii D) mai grei ca unii barioni. Deși clasificarea particulelor în leptoni, mezonii și barioni s-a păstrat, la ora actuală ea poartă o altă semnificație.

Paralel cu aceste particule mai există o mulțime de mezonii și barioni care au un timp de viață infim de scurt — 10^{-22} — 10^{-24} s.

Voi soarbeți picătura de timp ce o aveți.

«Andrei Mureșanu»

Aceste particule numite rezononi (sau stări de rezonanță) nu sînt altceva decît niște stări excitate ale mezonilor și barionilor de bază, asemănător stărilor excitate ale atomilor sau nucleelor.

Din clasa leptonilor fac parte particulele cu spinul $1/2$, care participă la interacțiuni electromagnetice și slabe, dar nu și tari. Leptonii se caracterizează printr-un număr cuantic specific — numărul leptonic L (sau sarcină leptonică).

Mezonii sînt niște particule cu spinul întreg ($J=0, 1, 2, \dots$) și care interacționează tare. Această interacțiune este caracteristică pentru barioni, care au spinul semiîntreg ($J=1/2, 3/2, 5/2, \dots$).

Dat fiind că mezonul și barionii interacționează tare, la sugestia fizicianului rus Lev Borisovici Okuni (n. 1929), ei au fost numiți hadroni — particule ce interacționează puternic. Hadronii interacționează și electromagnetic, și slab, dar acestea sînt pentru ei niște interacțiuni secundare.

Spre deosebire de mezonii, barionii se mai caracterizează printr-un număr cuantic — numărul barionic B (sau sarcină barionică). Fiecare barion se

caracterizează prin $B=+1$, iar fiecare antibarion — prin $B=-1$.

Menționăm aici că în fizica particulelor elementare se dă o mare însemnătate numerelor cuantice — caracteristicilor de bază ale particulelor. Ca regulă, în cele mai complicate reacții de transformare a particulelor elementare aceste numere se conservă. Legile de sumare ale numerelor cuantice sînt legi simple, algebrice.

Unii mezonii și barioni mai au o proprietate, care le-a părut fizicienilor foarte stranie. Ei se nasc la interacțiuni tari în timpi de ordinul 10^{-23} s și se dezintegrează prin intermediul interacțiunilor slabe în timpi de ordinul 10^{-10} s (foarte mari în comparație cu 10^{-23} s). Din această pricină particulele în cauză au fost numite «stranii», iar în «pașapoartele» lor, la sugestia fizicianului american Murray Gell-Mann (n. 1929) și a fizicianului japonez Katsuhiko Nishijima (n. 1926), în anul 1953 s-a introdus un nou număr cuantic — straniețea (S). În interacțiunile tari straniețea se păstrează, iar în cele slabe — nu.

Nu straniețea, însă, este cel mai curios lucru în lumea particulelor elementare, ci însușirile lor de a se transforma unele în altele (asemănător «stihilor» lui Aristotel). Bunăoară, hiperonul Λ^0 poate să se transforme într-un neutron și un mezon, neutronul, la rîndul său, într-un proton, electron și un antineutrino, protonul — în neutron și mezon π^+ , mezonul π^+ — într-un miuon pozitiv și un neutrino, miuonul pozitiv — într-un pozitron și un antineutrino. Particulele elementare, însă, s-au dovedit a nu fi «împachetate» unele în altele, ca vestitele păpuși rusești. Nu se poate spune care particulă este mai elementară, deoarece fiecare «constă» din celelalte.

Unul e în toți, tot astfel precum una e în toate.

«Scrisoarea I»

O proprietate și mai curioasă a particulelor elementare constă în faptul că ele pot să genereze particule cu masa mai mare decît particula inițială (cum ar fi să scoți dintr-o casă cărămizi cu masa

mai mare ca cea a casei). Este greu de imaginat așa ceva, dar în fizica particulelor elementare e fapt dovedit mai la tot pasul.

E cazul să menționăm că particulele elementare nu există de-a gata una în alta, ci sînt generate în procesul dezintegrării, proces cu caracter probabilist. Nimeni nu poate să spună cu certitudine, în ce moment particula își va face «harachiri».

*E ceasul cel de taină, în care — inelul sorții
Unește-al vieții capăt cu începutul morții.*

«E ceasul cel de taină»

Transformarea reciprocă a particulelor elementare vorbește despre comunitatea lor, în ultimă instanță despre caracterul unitar al lumii materiale. Pricina transformărilor sînt interacțiunile.

Savanții au stabilit, că toate fenomenele fizice și stările materiei, observate în Univers, sînt o manifestare a 4 tipuri de interacțiuni. Interacțiunea este o noțiune mai largă ca forța, ea nu totdeauna poate fi caracterizată prin forță. În cazul interacțiunilor gravitaționale și electromagnetice între corpuri mari, mai comod este de a folosi noțiunea de forță. În microlume, însă, noțiunea de forță — cauză a schimbării stării de mișcare a corpului, își pierde sensul, la fel cum și-a pierdut sensul și noțiunea de traiectorie (o consecință a relației de incertitudine). Despre interacțiune se vorbește, de exemplu, și atunci cînd un electron este împrăștiat de un pozitron (și el își schimbă direcțiile de mișcare), și atunci, cînd electronul și pozitronul se anihilează — se transformă în doi fotoni.

Interacțiunea este pricina, care schimbă starea unui sistem. Probabilitatea trecerii unui sistem dintr-o stare în alta determină intensitatea interacțiunii. Interacțiunile diferă una de alta după intensitate și după raza de acțiune. În ordinea creșterii intensității interacțiunile se clasifică în felul următor: gravitațională, slabă, electromagnetică și tare. Să ne oprim la fiecare în parte.

Între oricare două corpuri, care posedă masă și energie, există o interacțiune gravitațională. În cazul interacțiunii a două corpuri de pe Pămînt inter-

acțiunea gravitațională este neînsemnată. De exemplu, două locomotive grele, aflate la distanța de 1 m una de alta, se atrag cu o forță mai mică chiar de 1 Newton. În schimb locomotiva este puternic atrasă de Pămînt. Acest lucru se datorează razei de acțiune mare (pînă la infinit) a forțelor de gravitație, grație căreia asupra locomotivei acționează toți atomii Pămîntului. Natura cumulativă a forțelor gravitaționale fac ca ele să domine la corpurile astronomice chiar dacă ele se află la distanțe mari unul de altul.

În lumea particulelor elementare, la nivelul actual de cercetare, interacțiunile gravitaționale nu sînt luate în considerație, dat fiind intensitățile lor mici în comparație cu intensitățile celorlalte interacțiuni. De exemplu, doi protoni, aflați la distanța de 10^{-13} cm, interacționează gravitațional de 10^{36} ori mai slab decît electromagnetic.

Interacțiunea slabă. E într-adevăr slabă, dar nu-mai în comparație cu interacțiunea electromagnetică și cea tare. În comparație cu cea tare ea este de 10^{14} ori mai slabă, iar în comparație cu cea gravitațională — din contra — de 10^{24} ori mai puternică.

Interacțiunile slabe cu greu se manifestă în prezența interacțiunilor mai puternice — electromagnetice și tari. Pentru ca ele să se manifeste, se cer anumite condiții. De exemplu, neutronul din nucleu, grație interacțiunilor lui tari cu ceilalți nucleoni, nu se dezintegrează. Fiind, însă, lăsat liber, sub acțiunea interacțiunilor slabe, el în aproximativ 15 minute se dezintegrează într-un proton, un electron și un antineutrino.

Interacțiunea slabă poartă responsabilitate pentru fenomenul de radioactivitate (atît cea naturală, cît și cea artificială), precum și pentru reacțiile dintre leptoni. Dacă, de exemplu, brusc ar înceta să existe interacțiunea slabă, Soarele s-ar stinge, ar fi imposibil procesul de transformare a protonului în neutron, pozitron și neutrino, proces în rezultatul căruia, în ultimă instanță, 4 protoni se transformă într-un nucleu de heliu.

Raza de acțiune a interacțiunilor slabe este de numai $2 \cdot 10^{-16}$ cm, din care cauză influența acestor

forțe asupra corpurilor macroscopice este neglijabilă.

Interacțiunea electromagnetică se manifestă între particulele încărcate sau care au moment magnetic. La fel ca și în cazul interacțiunii gravitaționale, puterea ei scade în funcție de creșterea pătratului distanței. Intensitatea acestei forțe e de 137 de ori mai mică decât a forțelor tari (sau nucleare) și de 10^{36} ori mai mare decât a forțelor gravitaționale.

Deși interacțiunile electromagnetice au o rază de acțiune asemănătoare cu a celor gravitaționale — până la infinit — aceste interacțiuni nu joacă nici un rol la interacțiunea dintre corpurile macroscopice (cum ar fi, de exemplu, interacțiunea dintre Pământ și Soare), deoarece corpurile mai mari tind să aibă o sarcină nulă (sarcinile electrice se pot neutraliza, pe cînd masele — nu).

Interacțiunile electromagnetice sînt acelea, care țin împreună electronii negativi și nucleul pozitiv din atom, atomii din molecule și cristale, astfel, încît toate procesele chimice și biologice sînt guvernate de interacțiunile electromagnetice. Forțele de frecare, care ne permit să ne plasăm pe suprafața Pămîntului, de asemenea sînt de natură electromagnetică.

Și, în sfîrșit, interacțiunea tare, cea mai puternică care joacă rolul principal în viața mezonilor și a barionilor. Deoarece ea ține protonii și neutronii din nucleu împreună, se mai numește interacțiune nucleară. Aceste forțe domină numai la distanțe mai mici de 10^{-13} cm.

Intensitatea interacțiunilor determină și rapiditatea proceselor provocate de ele. Procesele ce decurg sub auspiciile interacțiunilor tari, decurg în timpi de 10^{-24} s, cele ce au loc sub influența interacțiunilor electromagnetice — în timpi de 10^{-22} s, iar cele determinate de interacțiunile slabe — în timpi de 10^{-10} s.

La drept vorbind, savanții mai mult caută să găsească ceva comun între aceste interacțiuni, decît deosebiri, în ultimă instanță să le reducă la o singură interacțiune — o «suprafață» (materia doar

e unică), — care s-ar comporta, în dependență de situație, ca interacțiune gravitațională, slabă, electromagnetică ori nucleară.

În ultimul timp fizicienii au ajuns la concluzia că interacțiunea electromagnetică și cea slabă sînt două aspecte ale unei interacțiuni mai generale, numită electrolabă. Se crede că aceste două interacțiuni împreună cu interacțiunea tare se încadrează într-un tip de interacțiune și mai generală — «tare-electrolabă».

Deși interacțiunile în natură sînt atotputernice, ele nu încalcă legile fundamentale ale naturii: de conservare a energiei, impulsului, momentului cinetic, sarcinilor electrice, leptonice, barionice ș. a.

Legile de conservare nu sînt decît niște consecințe ale invarianței legilor naturii față de diferite transformări. Invarianța legilor fizicii la schimbarea poziției corpurilor în spațiu este un rezultat al omogenității spațiului. Invarianța lor la rotația în spațiu este legată de izotropia (aceleași proprietăți în toate direcțiile) spațiului. Invarianța legilor fizicii la o deplasare în timp este indisolubil legată de uniformitatea timpului. Ca rezultat, legea de conservare a impulsului este o consecință a uniformității spațiului, cea de conservare a energiei — a uniformității timpului, iar legea de conservare a momentului impulsului — a izotropiei spațiului.

Formulînd legile de conservare ca niște reguli de restricție, se evidențiază faptul că simetria totdeauna acționează atît în direcția micșorării numărului de structuri, care pot exista în natură, cît și în direcția micșorării numărului de variante posibile ale proceselor.

De la Emmy Noether (1882—1935) încoace se consideră că cunoștințele noastre despre natură sînt situate pe trei trepte. Pe prima și cea mai de jos treaptă se află fenomenele, pe a doua — legile naturii, și pe a treia, cea mai de sus treaptă — principiile de simetrie. Există următoarea subordonare: legile naturii conduc fenomenele, iar principiile de simetrie — legile naturii. Rolul de frunte al principiilor de simetrie determină aparența simetriei în tot ce ne înconjoară.

*In tine vede-se că e în certare
Un Dumnezeu.
Purtind simetria și-a ei misterure
În gândul său.*

«Ondina»

Pînă în anul 1956 se credea că toate cele trei interacțiuni, ce domină lumea particulelor elementare, sînt simetrice față de următoarele transformări (operații): reflexia spațială (P), conjugarea de sarcină (C), și inversiunea timpului (T). Cu alte cuvinte, se credea că dacă în natură există un proces, apoi cu aceeași probabilitate se pot realiza și următoarele procese: 1) procesul în care sînt schimbate coordonatele particulelor x, y, z în $-x, -y, -z$ (partea stîngă cu partea dreaptă și viceversa) (rezultatul operației P); procesul în care particulele sînt înlocuite prin antiparticulele lor (rezultatul operației C); 3) procesul în care timpul t este înlocuit prin $-t$ (operația T).

De exemplu. Din invarianța legilor naturii la reflexia spațială reieșea că la dezintegrarea miuonului $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ electronii cu spinul îndreptat în direcția mișcării lor și electronii cu spinul îndreptat în direcția opusă mișcării se întîlnesc la fel de frecvent (asemănător cum în magazinul de încălțăminte pantofii pentru piciorul stîng se întîlnesc în aceeași proporție cu cei pentru piciorul drept). Din invarianța la conjugarea de sarcină (înlocuirea particulelor prin antiparticulele lor) rezulta că procesele $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ și $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ se realizează cu aceeași probabilitate. Din invarianța la inversiunea timpului (T) reieșea că procesele $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ și $\mu^- + \bar{\nu}_\mu \rightarrow \pi^-$ decurg cu aceeași probabilitate.

În anul 1956 fizicienii americani Tsung-Dao Lee (n. 1926) și Chen Ning Yang (n. 1922) presupun că interacțiunile slabe pot să violeze principiul invarianței față de reflexia spațială (P) și conjugarea de sarcină (C). Îndată după aceasta concetașeană lor Chiung Shiung Wu (n. 1913) demonstrează experimental acest lucru. (Experiențele efectuate ulterior au adus noi dovezi. S-a constatat, de exemplu, că la o mie de dezintegrări $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ în 999

de cazuri electronul e cu spinul îndreptat în direcția opusă mișcării și numai într-un caz cu spinul îndreptat în direcția mișcării, în loc de 500 și 500.). Atunci fizicianul rus Lev Davidovici Landau (1908—1968), fizicianul pachistanez Abdus Salam (n. 1926) și fizicienii americani Lee și Yang enunță ideea că interacțiunile slabe sînt, totuși, simetrice, dar față de o transformare mai generală — CP — o operație, la care alături de reflexia spațială (P) se efectuează și o conjugare de sarcină (C). De exemplu, după efectuarea unei operații CP asupra procesului de dezintegrare a miuonului $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ se va obține un nou proces $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$ în care de acum pozitronul (e^+) trebuie să aibă în 999 de cazuri dintr-o mie spinul îndreptat în direcția mișcării. Experiența a confirmat pe deplin acest lucru.

Dacă toate interacțiunile ar fi simetrice față de transformarea CP , materia și antimateria ar trebui să existe în natură în cantități egale. Alături de un proces, ce dă naștere la o particulă, ar trebui să existe și un alt proces, care cu aceeași probabilitate ar genera un antipod al ei — o antiparticulă.

În anul 1964, fizicienii americani Val Fitch (n. 1923) și James Cronin (n. 1931) au demonstrat că interacțiunile slabe, deși slab, violează, totuși, și principiul de invarianță față de operația CP . În 1967 academicianul Andrei Dmitrievici Saharov (1921—1989) enunță ideea că această mică asimetrie a proceselor din natură a jucat un rol foarte însemnat în viața Universului în primele lui secunde de existență și drept consecință avem astăzi un Univers din materie, nu și din antimaterie.

Fizicianul german Gerhardt Luders (n. 1920) și fizicianul elvețian Pauli au demonstrat (1955) o teoremă (teorema CPT), conform căreia toate procesele din natură decurg simetric față de transformarea combinată CPT (reflexia spațială, conjugarea de sarcină și inversiunea timpului). Pînă în prezent nu s-a înregistrat nici un caz de violare a invarianței față de operația CPT. Din teorema CPT reies și câteva rezultate importante (verificate în practică): egalitatea masei și a duratei de viață ale particule-

lor și ale antiparticulelor corespunzătoare; sarcinile electrice și momentele magnetice ale antiparticulelor se deosebesc de cele ale particulelor numai prin semn.

Experiențele efectuate cu împrăștierea reciprocă a nucleonilor rapizi au demonstrat că, din punctul de vedere al interacțiunilor tari, doi protoni ori doi neutroni, sau un proton și un neutron aduși la distanțe mai mici de 10^{-13} cm interacționează la fel — interacțiunea tare dintre particulele elementare nu depinde de sarcina lor electrică. Din această cauză se consideră că protonul și neutronul nu sînt două particule diferite, ci e una și aceeași particulă (nucleon), aflată în două stări diferite (de proton și de neutron).

La fel stau lucrurile și cu cei trei mezoni π . Ei tot pot fi considerați ca trei stări ale uneia și aceleiași particule.

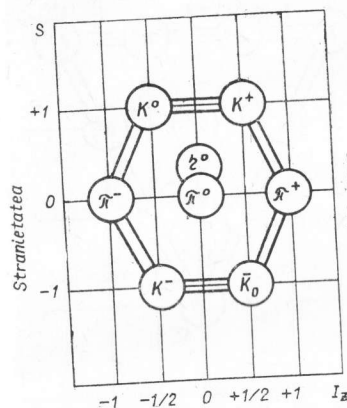
Treptat fizicienii au început să facă ordine în lumea particulelor elementare — să le sistematizeze în așa-numiții multipleti de sarcină (izotopici). Pentru a descrie noua realitate, ei sînt nevoiți să «inventeze» un nou număr cuantic — spinul izotopic (I). În limbajul acestui număr cuantic se spune că fiecare multiplet are spinul său izotopic. Dubletului nucleonic i se pune în corespundere spinul izotopic $I=1/2$. Dacă proiecția acestui spin pe o oarecare direcție z a spațiului izotopic I_z este egală cu $+1/2$ (spinul izotopic în sus) se spune că avem de a face cu un proton, iar dacă $I_z=-1/2$ (spinul izotopic în jos) — cu un neutron.

Familiei pionilor li se pune în corespundere un spin izotopic $I=1$; $I_z=+1$ pentru π^+ , $I_z=0$ pentru π^0 și $I_z=-1$ pentru π^- .

Corelații asemănătoare au fost observate și între alți mezoni și alți barioni. Particulele dintr-un multiplet se deosebesc între ele prin proiecția spinului izotopic.

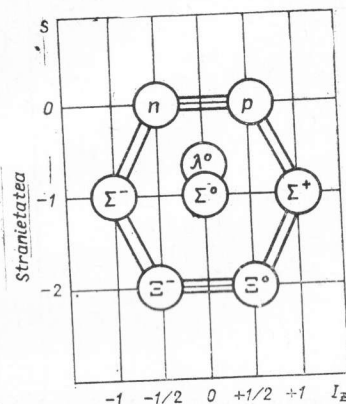
S-a mai observat, că un grup din 8 mezoni cunoscuți (cu același spin) și un grup din 8 barioni (cu același spin) pot fi uniți în multiplete de multiplete — în supramultiplete. Două multiplete aflate într-un supramultiplet se deosebesc între ele prin

Numărul barionic $B=0$
Spinul $J=0$



Proiecția spinului izotopic

Numărul barionic $B=1$
Spinul $J=1/2$



Proiecția spinului izotopic

Fig. 1. Octetul mezonice (la stînga) și cel barionic (la dreapta).

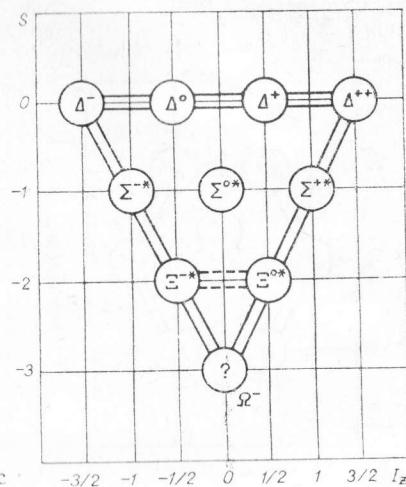
numărul cuantic stranietate (la fel și prin masă). Toate particulele dintr-un supramultiplet pot fi considerate drept stări diferite ale uneia și aceleiași particule (fig. 1).

Cînd pe axa orizontală s-a pus proiecția spinului izotopic, iar pe axa verticală stranietatea rezonanțelor barionice (stări excitate ale barionilor de bază) cu spinul $3/2$, s-a obținut un supramultiplet în formă de trapez (fig. 2). Reieșind, însă, din considerente de simetrie, supramultipletul rezonanțelor barionice trebuia să formeze figura unui triunghi. Ceea ce însemna că mai există o rezonanță, pe care fizicienii au numit-o omega minus (Ω^-). Care erau acele considerente de simetrie?

Sistemul periodic a fost explicat prin proprietățile structurale ale atomului. Poate că și particulele elementare constau din părți mai fundamentale, la fel cum atomii constau din protoni, neutroni și electroni?

În 1964 fizicienii americani Murray Gell-Mann și George Zweig (n. 1937) enunță ipoteza că regula-

Numărul barionic $B=1$
Spinul $J=3/2$



Proiecția spinului izotopic

Fig. 2. Decapletul rezonanțelor barionice.

ritatea observată în lumea hadronilor se datorește faptului că particulele elementare sînt alcătuite din 3 particule și mai elementare. Aceste particule noi, numite quarcuri, posedă caracteristici cu totul neobișnuite ($Q=\pm 1/3e$; $\pm 2/3e$; $B=1/3$;...). Ele sînt notate prin simbolurile u , d , s (de la primele litere ale cuvintelor englezești «up», «down» și «strange» — sus, jos și straniu). Quarcul u are spinul izotopic îndreptat în sus ($I_z=+1/2$, quarcul d — spinul izotopic îndreptat în jos ($I_z=-1/2$), iar quarcul s (straniu), spre deosebire de primii doi, are straniețatea diferită de zero ($S=-1$).

Era bine cunoscut faptul că particulele posedă numai sarcini multiple sarcinii electronului. Și cînd colo, se presupune existența unor particule cu sarcină fracționară! Ceva bizar, ieșit din comun.

Cu toate acestea, ipoteza quarcurilor explica numerele cuantice ale particulelor cunoscute. Barionii puteau fi obținuți din combinația a trei quarcuri (protonul, de exemplu, din $u u d$), iar mezonii — din combinația unui quarc cu un antiquarc (antiquarcurile au numere cuantice opuse ca semn numerelor cuantice ale quarcurilor respective).

Octetul mezonic și cel barionic în limbajul quarcurilor sînt prezentate în fig. 3, iar cel al rezonanțelor barionice în fig. 4.

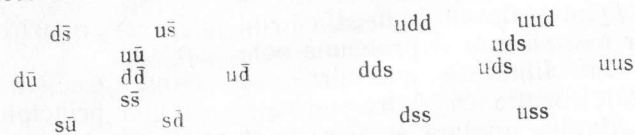


Fig. 3. Octetul mezonic (la stînga) și cel barionic (la dreapta).

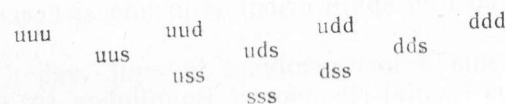


Fig. 4. Decapletul rezonanțelor barionice.

Pe lîngă trapezul rezonanțelor barionice cunoscute s-a constatat că trebuie să mai existe încă o particulă (sss) cu spinul $J=1/2+1/2+1/2=3/2$, numărul barionic $B=1/3+1/3+1/3=1$ și straniețatea $S=-1-1-1=-3$.

La 31 ianuarie 1964 la ciclotronul din Brookhaven, S.U.A., a fost detectată o particulă (Ω^-) cu toate caracteristicile de mai sus. Ipoteza quarcurilor părea să fie justificată. Fizicienii au pornit cu mare avînt în căutarea particulelor mai fundamentale — quarcurilor. Pretutîndeni — pe pămînt, la fundul oceanelor, în cosmos — se căutau trei quarcuri, trei particule cu sarcina fracționară celei a electronului.

Se căutau, dar n-au fost depistate nicăieri: nici la ciclotronul Centrului European de Cercetări Nucleare, nici la cel din Serpuhov, nici chiar în solul lunar... Dezamăgiți fizicienii au început să caute etimologia cuvîntului «quarc». Într-un roman al scriitorului irlandez James Joyce eroul visa cum niște gîște sălbatice strigau «trei quarcuri pentru maestrul Mark». «Trei quarcuri» amintesc de strigătul gîștelor. În limba germană cuvîntul «quarc» înseamnă brînză de vaci, iar Goethe îl utilizează în sensul de fleacuri, minciuni.

Dar într-un par era o cioară care tot striga: crr! tla! tla! tla! crr... Sunetele astea-l urmăreau în somn...

«Avatarii faraonului Tla»

Quarcurile nu numai că nu-și făceau apariția, dar mai ridicau și probleme noi.

Dat fiind că quarcurile au spinul fracționar ($1/2$), rezulta că ei trebuie să se supună principiului Pauli — în una și aceeași stare nu poate să se afle mai mult decât o particulă. Atunci cum se explică faptul că hiperonul Ω^- , de exemplu, constă din trei quarcuri cu spinii orientați în una și aceeași direcție?

Problema a fost rezolvată în anul 1965 de fizicianul rus Nicolai Nicolaevici Bogoliubov (n. 1909 — 1992) și ucenicii săi Albert Tavhelidze (1930) și Boris Vladimirovici Struminski (1939). El le-a atribuit quarcurilor încă o sarcină, numită «culoare», care poate să îmbrace trei «uniforme» (cu denumiri convenționale) — roșie, galbenă și albastră. Bineînțeles, că aceste «culori» nu au nimic comun cu culorile pe care le cunoaștem din natură. Ele sînt niște caracteristici noi, cu ajutorul cărora se poate de descris realitatea lumii particulelor elementare.

Astfel a luat naștere o nouă ramură a fizicii — cromodinamica cuantică. În limbajul cromodinamicii cuantice se spune de acum că hiperonul Ω^- constă din 3 quarcuri de aceeași aromă — de același tip (s), dar care au diferite culori: unul — roșie, altul — galbenă, și al treilea — albastră. Principiul Pauli permite de acum quarcurilor din hiperonul Ω^- să aibă spinii orientați în una și aceeași direcție, dat fiind că ei se află în stări diferite, caracterizate prin sarcini de culoare diferite ($\Omega^- = (s_r s_g s_a)$).

Reieșind din analogia interacțiunilor nucleonilor din nucleu, trebuia de admis că și quarcurile interacționează între ele prin intermediul unor particule, cu care quarcurile fac schimb. Aceste particule au fost numite gluoni (clei pentru quarcuri). Gluonii și sînt adevărații purtători ai interacțiunilor tari, mezonii lui Yukawa nu sînt decât o manifestare exterioară a acestor particule mai fundamentale. Șase ti-

puri de gluoni, din cele 8 feluri de particule-clei fără masă de repaus (deci în perpetuă mișcare cu o viteză egală cu cea a luminii) și cu spinul $J=1$, transformă o culoare a quarcului în alta: roșie în galbenă, galbenă în albastră, albastră în roșie..., fără a schimba aroma quarcului (tipul u, d, s...) și celelalte numere cuantice. Celelalte 2 tipuri de gluoni au funcții asemănătoare fotonilor — întrețin legătura dintre quarcurile colorate, fără a le schimba sarcina de culoare. Sarcina de culoare joacă în interacțiunile tari același rol pe care-l joacă sarcina electrică în interacțiunea electromagnetică. Deosebirea esențială dintre aceste interacțiuni constă în faptul că electromagnetismul se caracterizează numai printr-o sarcină (cea electrică), pe cînd interacțiunea tare prin trei: roșie, galbenă și albastră.

Sarcinile de culoare au o proprietate însemnată: se neutralizează. De exemplu, combinînd un quarc galben cu alte două quarcuri — unul roșu și altul albastru — se obține o particulă fără culoare, adică fără sarcină de culoare, cu care gluonii de acum nu interacționează.

Se presupune că quarcurile se asociază numai în combinații, care duc ca rezultat la o particulă fără culoare. Barionii, de exemplu, constau toți din cîte trei quarcuri de diferite culori și, deci, au sarcini de culoare nule. Mezonii, la rîndul lor, constau dintr-un quarc și antipodul (antiquarcul) unui quarc de aceeași culoare cu primul și, deci, au, de asemenea, sarcini de culoare nule. Deși quarcurile în hadroni în permanență își schimbă «culorile» asemănător cameleonilor, hadronii rămîn totdeauna «incolori». Interacțiunile tari sînt chemate să păstreze această condiție.

O altă deosebire esențială dintre interacțiunile tari și cele electromagnetice constă în faptul că purtătorii interacțiunii tari — gluonii — au ei înșiși sarcină de culoare, pe cînd fotonii — purtătorii interacțiunii electromagnetice — nu au sarcină (electrică).

Dat fiind că gluonii au sarcină de culoare, ei pot interacționa între ei — gluonii pot emite gluoni. Dacă și fotonii ar avea sarcină electrică, atunci un

foton ar putea emite un alt foton — am avea «lumină, care luminează».

Răsfring o dureroasă lumină din lumină.

«Strigoii»

Grație anume acestor proprietăți ale gluonilor, la distanțe foarte mici (mai mici de 10^{-13} cm) interacțiunile tari slăbesc din intensitate. De aceea când quarcurile se află unul de la altul la distanțe mai mici decât cea indicată, ei interacționează foarte slab — practic sînt liberi («libertate asimptotică»), dar la o eventuală îndepărtare a lor la distanțe mai mari atracția dintre quarcuri se intensifică puternic — de parcă ar fi legați printr-un fir de cauciuc (cu cît caucicul e mai întins, cu atît «atracția» e mai puternică). Din această cauză quarcurile nu pot fi îndepărtate din incinta particulei-mamă. Anume prin aceasta se explică faptul că nimeni n-a observat quarcuri liberi. (Deseori se spune că quarcurile se află într-o stare de prizonierat „confinment“.

Studiul detaliat al împrăștiilor neelastice ale electronilor, neutrinelor și antineutrinelor cu energii mari de către nucleoni, efectuat pe parcursul anilor ce au urmat, a demonstrat cu certitudine că nucleonii nu sînt particule punctiforme, ci constau din trei părți (partoni), care au spinul $1/2$ și sarcina multiplă unei treimi din sarcina electronului. Aceste date experimentale vorbesc în avantajul, că nucleonii au o structură quarconică.

Oprește-te, clipă, tu ești splendidă! Aceeași credință în existența armoniei în natură i-a făcut în 1964 pe fizicienii americani James Bjorken (n. 1934) și Sheldon Glashow (n. 1932) să presupună că fiecărei perechi de leptoni îi corespunde o pereche de quarcuri. Deoarece pe atunci se cunoșteau 4 leptoni, se presupunea existența a încă unui quarc (c), existență ce rezultă din următoarea schemă: $(\nu_e, e^-) \rightarrow (u, d)$; $(\nu_\mu, \mu^-) \rightarrow (c, s)$. Dacă e așa, atunci nu mai decît trebuie să existe un mezon, care este o combinație a quarcului c cu antiquarcul său — $\bar{c}$ (cu proprietăți întrucîtva înrudite cu ale pozitroniului — o sistemă legată, alcătuită dintr-un electron și un pozitron (e^-, e^+)). În anul 1974 experimentatorii

din S.U.A. Samuel Ting (n. 1936) și Burton Richter (n. 1931) anunță despre descoperirea lui.

Lumea aceasta a particulelor elementare este plină de farmec. Noul quarc este numit quarc «fermecat». Fizicianul Okuni îi atribuie și un nou număr cuantic — «farmec» («charm») $C=1$. Denumirea numerelor cuantice ale quarcurilor reflectă sentimentele de care erau copleșiți fizicienii în momentul descoperirilor respective. În permanență se întâlnește la ei un dor de cele lumești de parcă ar veni să continue gîndul lui Ion Druță, că nu Pămîntului rotund îi poartă omul dorul, ci unui ogor cu o ciocîrlie în creștet.

Din existența quarcului fermecat rezultă că trebuie să mai existe și cîte o clasă nouă de mezoni și barioni — «fermecați» — niște combinații ale noului quarc cu ceilalți cunoscuți (u, d, s). Pînă în prezent au fost descoperiți o mulțime de hadroni fermecați.

După descoperirea hadronilor fermecați nimeni nu mai punea la îndoială existența quarcurilor. La fel a fost restabilită simetria dintre leptoni și quarcuri. Teoria era mulțumită — lucrurile se limpeziseră.

Dar iată că în 1975 se mai descoperă o pereche de leptoni — a treia la număr — leptonul tau și neutrinelul său. În conformitate cu schema lui Bjorken și Glashow, era de așteptat existența a încă două quarcuri: t, b ($\nu_e, e^-) \rightarrow (u, d)$; ($\nu_\mu, \mu^-) \rightarrow (c, s)$; ($\nu_\tau, \tau^-) \rightarrow (t, b)$).

*În tine vede-se că e în ceriure
Un Dumnezeu
Purtînd simetria și-a ei misterure
În gîndul său.*

«Ondina»

În anul 1977 a fost descoperit un nou mezon — ipsilon — cu masa egală cu 10 mase protonice. Acest mezon a fost identificat cu combinația unui quarc și antiquarc «frumos» («beauty») $b: (b \bar{b})$.

*Neaprofundabil. Vană e-a-nvățașilor ghiore.
Cum în fire-s numai margini, e în om nemărginire.*

«Memento mori»

Quarcului b i-a revenit un nou număr cuantic — frumusețe, $b=1$. Diferite combinații ale acestui

Tabelul quarcurilor

Simbolul quarcului (aromatul)	Numere quantice								
	J	B	I	I_z	S	C	b	T	Q
<i>u</i>	1/2	1/3	1/2	1/2	0	0	0	0	2/3
<i>d</i>	1/2	1/3	1/2	-1/2	0	0	0	0	-1/3
<i>s</i>	1/2	1/3	0	0	-1	0	0	0	-1/3
<i>c</i>	1/2	1/3	0	0	0	1	0	0	2/3
<i>b</i>	1/2	1/3	0	0	0	0	1	0	-1/3
<i>t</i>	1/2	1/3	0	0	0	0	0	1	-1/3

quarc cu alte două quarcuri cunoscute trebuie să dea naștere unei noi clase de barioni cu numărul cuantic b diferit de zero — barioni frumoși. La fel, diferite combinații ale quarcului frumos cu unul dintre antiquarcurile cunoscute trebuie să dea naștere unei noi clase de mezoni frumoși cu b diferit de zero. O serie de mezoni și barioni frumoși au fost depistați.

Și mezonii și barionii adevărați (o mulțime la număr) — în componența cărora intră quarcul adevărat («truth») *t*, caracterizat printr-un nou număr cuantic T, numit adevăr, la insistența experimenterilor, se prezintă la apel. Experiențele efectuate în anii 1984—1991 au dovedit existența și a quarcului *t*.

Se crede că quarcul *t* este și ultimul quarc (vezi tabelul).

Reieșind din considerente teoretice (aflate în bună concordanță cu datele cosmologice), s-a ajuns la concluzia, că în natură trebuie să existe numai 6 tipuri de leptoni și tot atâtea («aromaturi») de quarcuri.

Noțiunea de particulă cu adevărat elementară — particulă fără structură — este atribuită astăzi leptonilor și quarcurilor. Se presupune că leptonii și quarcurile sînt particulele fundamentale ale naturii. Poate că între leptoni și quarcuri există o legătură lăuntrică? Știința caută insistent răspuns și la această întrebare.

La fel cum atomii sînt compuși din protoni, neutroni și electroni, orice particulă elementară constă

din leptoni și quarcuri (așa-numita ipoteză a leptoquarcurilor). Completate cu particule-agenți ai interacțiunilor, aceste particule fundamentale pot explica orice fenomen din natură.

La drept vorbind, pentru existența lumii atomilor (deci și a noastră) era de ajuns existența numai a unei familii de leptoni și quarcuri — e^- , ν_e , *d*, *u*. De ce oare natura a mai avut nevoie să se asigure cu încă două familii? Deocamdată nu se știe.

În anul 1967 fizicienii americani Sheldon Glashow și Steven Weinberg (n. 1933) și fizicianul pachistanez Abdus Salam stabilesc o profundă legătură lăuntrică (o simetrie) între interacțiunile slabe și electromagnetice. Conform teoriei elaborate de acești savanți, cele două tipuri de interacțiuni la energii ale particulelor mai mari de 100 GeV (gigaelectronvolți) pot fi analizate într-un mod unitar. Cu alte cuvinte, ele nu sînt altceva decît două manifestări ale uneia și aceleiași interacțiuni — electrolabe. (Un lucru asemănător făcuse cîndva și Maxwell cu interacțiunile electrice și magnetice.) Purtători ai acestei interacțiuni mai fundamentale sînt mezoni (bosonii) W^+ , W^- , Z^0 , toți cu spinul $J=1$, și bine cunoscutul foton. Bosonii posedă masă și sînt purtătorii interacțiunilor slabe, pe cînd fotonul fără masă de repaus este purtătorul interacțiunilor electromagnetice. Agentul de legătură W^+ , de exemplu, transformă un electron (e^-) în neutrino, un quarc *d* în quarc *u* (schimbă aromatul) ș. a., pe cînd mezonul Z^0 nu schimbă natura leptonilor sau a quarcurilor.

În anul 1983 un grup internațional din 138 de cercetători de la centrul nuclear de la Geneva, în frunte cu experimentatorul italian Carlo Rubbia (1934), a făcutuna din cele mai mari descoperiri ale secolului nostru — descoperirea bosonilor intermediari. Bosonii W^+ , W^- au masă ce o depășește pe cea a protonului de 85 de ori, iar bosonul Z^0 — de 95 de ori.

Deosebirile esențiale dintre intensitățile interacțiunilor slabe și electromagnetice, despre care s-a vorbit mai înainte, se datorează maselor foarte mari ale purtătorilor interacțiunilor slabe. Din această

cauză W^+ , W^- și Z^0 au și o durată foarte scurtă de viață. În timpul lor de existență ei nu pot să se deplaseze la distanțe mai mari de 10^{-16} cm, de unde rezultă și raza mică de acțiune a interacțiunilor slabe.

La energii ale particulelor la care ele pot să se apropie la distanțe mai mici de 10^{-16} cm deosebiriile dintre intensitățile interacțiunilor electromagnetice și slabe dispar.

Simetria dintre leptoni și quarcuri intuită de Bjorken și Glashow a reieșit organic din teoria interacțiunilor electrolabe a lui Weinberg—Salam—Glashow. Succesul teoriei unificate a interacțiunilor slabe și a celor electromagnetice i-a încurajat pe fizicieni să caute o modalitate de descriere unică nu a două, ci a trei tipuri de interacțiuni: slabe, electromagnetice și tari. Despre unitatea interacțiunilor vorbește și faptul că purtătorii lor au spin întreg (sînt bosoni). Interacțiunile slabe, la fel ca și cele tari, pot fi descrise în limbajul cromodinamicii cuantice. Numai că trebuie de admis că ele au două culori proprii — purpurie și portocalie.

Astfel interacțiunile tari și cele slabe cer existența a 5 sarcini de culoare (roșie, galbenă, albastră, purpurie și portocalie) și a 24 de particule-agenți, care transformă culorile una în alta. În cadrul acestei idei de prezentare unică a interacțiunilor tari și slabe, interacțiunea tare este acel mecanism, care schimbă (prin intermediul gluonilor) «culorile tari» (roșie, galbenă, albastră), iar interacțiunea slabă—mecanismul, care schimbă (prin intermediul mezonilor W^+ , W^- și Z^0) «culorile slabe» (purpurie și portocalie).

Din noua schemă de prezentare a interacțiunilor, reiese că trebuie să mai existe și alte particule-agenți, care transformă «culorile tari» în «culori slabe» și invers. Acești agenți se numesc leptoquarcuri (au atît sarcină leptonică, cît și sarcină barionică), ei pot transforma quarcurile în leptoni și leptonii în quarcuri. Numărul lor total este de 12: trei mezonii «colorați» X cu sarcina electrică $4/3 e$, trei me-

zoni «colorați» Y cu sarcina electrică $1/3 e$, și cite trei antiparticule ale lor $\bar{X}$, $\bar{Y}$.

Cea mai însemnată proprietate atribuită leptoquarcurilor este putința de a transforma quarcurile în leptoni, adică reacțiile nucleare cu participarea lor decurg cu încălcarea legii de conservare a numărului barionic. Ca urmare pot avea loc următoarele dezintegrări: $p \rightarrow e^+ + \pi^0$, $n \rightarrow e^- + \pi^+$. Aceasta înseamnă că protonul nu mai este o particulă stabilă «sută la sută», cum se credea pînă nu demult, ci are o durată de viață finită—evaluată la 10^{28} ani. Dacă învățații vor stabili că protonul, într-adevăr, are o durată de viață finită, prin aceasta se va dovedi existența leptoquarcurilor, și atunci va deveni clară asimetria Universului nostru (din punctul de vedere al existenței materiei și antimateriei în el).

Viața Universului la momentul lui de început este cel mai bun «poligon» pentru testarea ideilor ce țin de unificarea interacțiunilor din natură. La «începutul începuturilor» lumii energia particulelor din pireul cosmic era mai mare de 10^{19} GeV ceea ce le permitea lor să se apropie la distanțe de ordinul 10^{-33} cm. La asemenea distanțe interacțiunea gravitațională dintre particule devine la fel de intensă ca și interacțiunea «tareelectrolabă»—cele patru interacțiuni nu pot fi distinse, concluzie aflată în bun acord cu principiul de unitate și simetrie a naturii.

Energiei de 10^{19} GeV îi corespunde o masă de 10^{-5} g. Academicianul Moisei Alexandrovici Markov (n. 1908) consideră că 10^{-5} g este masa de repaus maximă pe care pot s-o aibă particulele elementare.

Din teoria relativității generale rezultă că mase de 10^{-5} g și dimensiuni de ordinul 10^{-33} cm pot să aibă și unele sisteme macroscopice (cu sisteme solare, aglomerații de stele, galaxii... și chiar civilizații). Și atunci nu ne rămîne decît să ne întrebăm împreună cu Poetul:

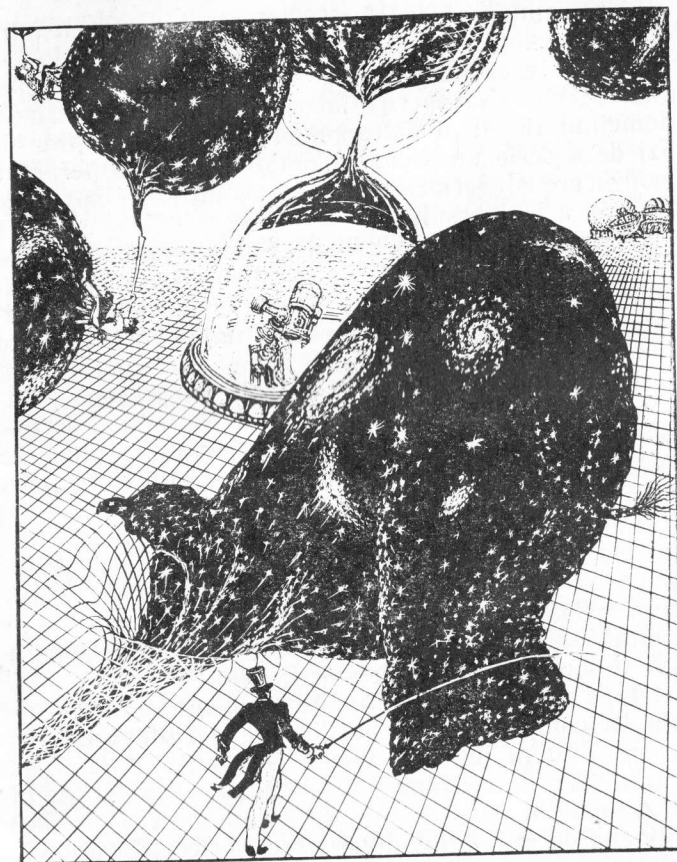
Cine știe dacă nu trăim într-o lume microscopică și nu-mai făptura ochilor noștri ne face s-o vedem în mări-mea în care o vedem?

«Sărmanul Dionis»



7

LOCUL NOSTRU
IN SPAȚIU ȘI ÎN TIMP



...nu încapă nici o îndoială,
că urmașii noștri
vor afla
natura Universului
în care sîntem sortiți
să viețuim.

FRIDMAN

Determinarea structurii Universului, dimensiunilor lui, a locului omului în acest Univers a fost o problemă esențială pentru savanții din toate epocile. Marile descoperiri făcute în secolul nostru în domeniul fizicii și astronomiei permit savanților de azi de a scrie un scenariu detaliat, deși în perpetuă modificare și perfecționare, al evoluției în spațiu și în timp a Universului.

Astrofizicianul rus Iosif Samuilovici Șklovski (1916—1985) considera că în Marea Lume (nelimitată în spațiu și în timp) există o mulțime de universuri (metagalaxii). Aceste universuri, izolate unul de altul, ca bulele de abur în cazanul care fierbe, evoluează după legi proprii. În prezent știința despre Metaunivers — universul de universuri — se află încă în stare embrionară. Nivelul științei de astăzi nu ne permite să spunem că alte universuri vor fi cândva văzute.

În ceea ce privește Universul nostru (scris totdeauna cu literă mare), în primul rând, se poate spune cu certitudine, că el are o vîrstă finită. Dacă ar fi existat veșnic, elementele radioactive din el demult s-ar fi dezintegrat, sursele de energie demult s-ar fi epuizat, iar stelele s-ar fi stins.

După cum se știe, anumite elemente chimice, aflate în componența corpurilor, se dezintegrează în decursul timpului cu o viteză constantă. Atomii de uraniu-235, de exemplu, se dezintegrează în atomi de plumb-207 cu «timpul de înjumătățire» de 710 milioane de ani, adică după trecerea acestei perioade jumătate din cantitatea inițială de uraniu se transformă în plumb. Măsurînd cantitatea de uraniu și de plumb dintr-o rocă sedimentară de minereu, se poate determina timpul cînd s-a format minereul. Astfel materialele radioactive — «nisiparnițele veșnice» — au permis savanților să stabilească că Pămîntul are o vîrstă de 4,5 miliarde de ani.

Analiza rocilor de pe Lună a demonstrat, că ea are o vîrstă de vreo 3—4 miliarde de ani, iar o rocă adusă de Apollo-15 a dovedit că ea există de 4,6 miliarde de ani, adică Luna este de-o seamă cu Pămîntul. Printr-o altă metodă s-a constatat că vîrsta Soarelui e de circa 5 miliarde de ani.

Cosmologia, știința care are ca obiect studiul formării și evoluției Universului, a cunoscut o adevărată dezvoltare abia după crearea teoriei relativității generalizate. În 1917 Einstein încearcă să găsească ecuațiile care să descrie geometria spațio-temporală a Universului în totalitatea sa. Cosmologia preeinsteiniană avea la baza sa trei principii: 1) Universul e staționar (nu se schimbă cu timpul); 2) e izotrop (același în toate direcțiile, la scară mare de 100—200 Megaparseci) și omogen (caracterizat pretutindeni prin aceeași densitate medie); 3) se supune geometriei euclidiene.

Pentru a depăși greutățile întâlnite de teoriile precedente, Einstein trebuia să se scutească de serviciile măcar a uneia din aceste «trei balene». Constatînd că spațiul real nu trebuie să fie numaidecît euclidian, Einstein a renunțat de la serviciul «balenei» a treia. Dar pentru a salva primul principiu, el a fost nevoit să modifice propriile ecuații, să le «ciopîrtească», după cum zice unii fizicieni. Prin aceasta celebrul savant a plătit tribut predecesorilor săi, lui Aristotel, Kepler, Newton, care socoteau Universul neschimbător în timp. (Artur Eddington (1882—1944), de exemplu, a demonstrat că Universul static al lui Einstein nu poate fi un sistem stabil).

Primul care a folosit corect teoria relativității generalizate în cosmologie a fost matematicianul din Sankt-Petersburg Fridman.

Aleksandr Alecsandrovici Fridman s-a născut în anul 1888 într-o familie de muzicanți. Conform propriilor mărturisiri, n-a moștenit capacități de muzicant, dar un lucru era cert — a știut ca nimeni altul să audă «armonia cifrelor». După terminarea Universității din Petersburg, lucrează la observatorul aerologic din Pavlovsk, participă activ la lucrările de observare a eclipsei de soare din 1914. N-a ezitat nici pentru un moment, cînd a fost vorba să se urce în coșul unui dirijabil, pentru a obține datele necesare științei. Primul război mondial i-a schimbat multe planuri, însă nu l-a îndepărtat de știință. Afîindu-se într-un detașament de aviație, el a elaborat noi metode matematice de aruncare în țintă a bom-

belor. Pentru a verifica eficacitatea noilor metode, savantul zbură singur cu avionul deasupra tranșeelor inamice. În timpul de răgaz efectua cercetări asupra atmosferei, încercând să înscrie schimbările observate în sisteme de ecuații.

Marea dragoste față de știință și puterea nepuizabilă de muncă au fost înalt prețuite de savanții timpului. După terminarea războiului devastator lui Fridman i se încredințează conducerea sectorului de meteorologie teoretică de la observatorul din Pavlovsk. El, însă, nu se mărginește numai la studii în domeniul meteorologiei, ci se interesează de tot ce este nou în domeniul fizicii și matematicii. În primul rând, ia cunoștință de proaspăta teorie a lui Einstein și ca rezultat în anul 1922 apare cartea lui «Lumea ca spațiu și timp», în care sînt popularizate ideile lui Einstein. În persoana savantului rus teoria einsteiniană și-a găsit cel mai fertil sol și a dat rod bun. Cine știe câte ar fi izbutit el să facă, dacă în 1925, curînd după un zbor de performanță cu aerostatul pînă la înălțimea de 7 400 m, nu s-ar fi îmbolnăvit de tifos, o boală de care n-a putut fi salvat.

Modelul teoretic de Univers propus de Fridman a constituit baza matematică a modelelor cosmologice ulterioare. Dintre cele trei principii, pe care se bazau modelele precedente, matematicianul l-a păstrat numai pe al doilea: Universul la scară mare e izotrop și omogen (lucru observat, de altfel, încă de Herschel, iar cercetările ulterioare aduc noi dovezi în confirmarea acestui principiu). Astfel, Fridman a obținut un rezultat neașteptat: galaxiile din Univers nu trebuie să se afle în repaus, ci să se miște unele față de altele, viteza de mișcare relativă a oricăror două galaxii fiind proporțională cu distanța dintre ele. Reacția lui Einstein la această descoperire a fost negativă. Mai târziu, însă, sub acțiunea faptelor, Einstein, după cum și se cuvine unui om mărinimos, recunoaște că dreptatea a fost de partea lui Fridman. Referindu-se în 1931 la modelul de Univers în expansiune, Einstein menționa: «Primul care a pășit pe această cale a fost Fridman».

După părerea astrofizicianului rus Iacov Borisovici Zelidovici (1914—1987), renunțarea lui Fridman la principiul staționarității Universului a fost un fapt de eroism științific asemănător celui săvîrșit de Copernic. De acum înainte Universul (Metagalaxia) nu mai este privit ca ceva veșnic, neschimbător și unic.

La drept vorbind, fenomenul nestacionarității Universului a fost observat încă în 1912 de astronomul american Vesto Slipher (1875—1969), însă n-a fost înțeles. Îndreptînd telescopul spre galaxiile îndepărtate, iar lumina adunată de telescop trecînd-o prin prisma spectroscopului, Slipher a observat, spre uimirea sa, că liniile specifice elementelor nu se află la locul lor în spectru, ci sînt deplasate spre linia luminii roșii. Deși pe atunci efectul Doppler era cunoscut, din aceste date experimentale nu s-a tras concluzia de rigoare. Abia în anul 1929 astronomii americani Edwin Hubble (1889—1953) și Milton Humason (1891—1972), avînd la dispoziție cel mai mare telescop de pe atunci (de la Mount-Wilson, cu ajutorul căruia de acum se putea distinge stelele din nebuloasa Andromeda), au demonstrat, după deplasările liniilor spectrale, că Universul se extinde, aidoma unui balon de săpun. Mai mult ca atît, măsurînd distanța pînă la galaxii, ei au stabilit că viteza de îndepărtare a «roiurilor de stele» de Sistemul Solar este proporțională cu distanța de la Soare pînă la galaxia respectivă. Aproape toate galaxiile se îndepărtează de noi, unele chiar cu o viteză apropiată de cea a luminii.

Analiza liniilor spectrale ale galaxiilor îndepărtate, linii deplasate spre roșu, arată că aceste «insule stelare» «fug» una de alta, și cu atît mai tare, cu cît distanța dintre ele este mai mare, în conformitate cu modelul de Univers fridmanian. Deci, lumea în care trăim, pe bună dreptate, nu este staționară, proprietățile ei se schimbă cu timpul. Reieșind din această expansiune a Universului, uniformă și izotropă, savanții au extrapolat (prin intermediul unui model teoretic, care are la bază și ideile lui Fridman) căile stelelor în trecut.

*Magul privea pe gânduri în oglinda lui de aur,
Unde-a cerului mii stele ca-ntr-un centru se adun,
El în mic privește-acolo căile lor tănuite
Și cu varga zugrăvește drumurile lor găsite:
Am aflat simburul lumii, tot ce-i drept, frumos și bun.*

«Egipetul»

Ei au ajuns la concluzia că în trecutul îndepărtat, la un moment dat $t=0$ («momentul de început»), toate galaxiile erau grămadă. Materia din Univers se găsea concentrată într-un «atom primar», sau «ou cosmic», cum îi zicea astronomul belgian George Lemaitre (1894—1966), cu dimensiunea punctiformă, densitatea infinit de mare (stare de singularitate), și foarte fierbinte. Măsurînd timpul cu orologiul de astăzi (orologiul de atunci al Universului avea cu totul alt ritm), se poate spune că această «piatră de hotar» a timpului (cînd a avut loc Marea Explozie a «oului cosmic») e situată la o distanță de 10—20 de miliarde de ani — distanță în timp considerată drept vîrstă a Universului nostru. (După cum și trebuie să fie, vîrsta Universului în-trece vîrsta oricărui corp ceresc.)

O rază de lumină parcurge în acest răstimp o distanță de 10—20 de miliarde de ani-lumină. Punctele Universului situate de la noi la o astfel de distanță (aproximativ 10^{28} cm) formează «orizontul de vedere» al Universului. Numai corpurile cerești situate pînă la orizont pot fi observate, interceptate, studiate, iar cele de dincolo de orizontul de vedere, în principiu, nu pot fi «văzute», de la ele lumina (sau un alt «mesager») n-a izbutit încă să ajungă pînă la noi, e în drum. Anume din cauza existenței orizontului de vedere, pînă la Pămînt ajunge lumina numai de la un număr finit de stele, situate în jurul planetei într-un «strat» de spațiu cu grosimea de 10—20 de miliarde de ani-lumină. Datorită acestui fapt, noaptea cerul arată nu ca un fond luminos continuu, ci ca o pînză întunecată presărată cu stele. Astfel se explică paradoxul Olbers.

Concluzia că Universul nostru are început, ca și Sistemul Solar, a generat «copilăreasca» întrebare: «Da ce a fost mai înainte?» — întrebare rămasă și azi fără răspuns. Poate materia a avut o altă

formă de existență, necunoscută nouă? Nu se știe ce prezenta spațiul și timpul în acel moment. Întrebarea «copilărească» a generat o mulțime de alte probleme cu adînc sens fizic și filosofic, multe dintre care sînt încă peste puterile savanților de astăzi.

Dacă Universul are început, atunci el trebuie să aibă și sfîrșit? Nu se poate oare, reieșind din starea Universului de azi (în expansiune), de prezis soarta lui pe viitor?

O piatră aruncată în sus, după ce se rupe de la mînă, continuă să se miște după inerție. Dar grație forțelor de gravitație, mișcarea ei succesiv va încetini, la un moment piatra se va opri, apoi va porni accelerat spre Pămînt. Dacă, însă, pietrei i se comunică o viteză mai mare decît a doua vitezei cosmice, ea nu se va întoarce pe planeta-mamă. Dar a doua viteză cosmică este determinată de masa corpului ceresc de pe care se aruncă piatra. Pe Pămînt ea este egală cu 12 km/s, iar pe Jupiter, de exemplu, — cu 61 km/s.

La fel după inerție «fug una de alta» și galaxiile. Deci, pentru a ști dacă pe viitor expansiunea va continua nelimitat sau cu timpul se va schimba în contracție, trebuie să se cunoască masa Universului, în ultimă instanță densitatea medie de astăzi a materiei din el. În dependență de mărimea densității (ρ), modelul lui Fridman de Univers are mai multe soluții. Dacă ρ nu depășește o anumită densitate critică $\rho_c = 5 \cdot 10^{-29}$ g/cm³, atunci Universul va continua etern expansiunea sa (cîmpul gravitațional al său e prea slab, ca să poată inversa procesul dilatării), distanța dintre galaxii va continua mereu să crească, deși cu timpul tot mai încet și mai încet. Dacă, însă, $\rho > \rho_c$, Universul nu se va extinde veșnic. Presupunînd că densitatea pe care o are Universul la ora actuală o depășește pe cea critică de două ori și efectuînd calculele necesare, fizicianul american Weinberg a ajuns la concluzia că Universul va continua expansiunea sa încă vreo 50 de miliarde de ani, apoi va începe să se contracteze. Galaxiile vor începe o mișcare retur spre centru (stră... stră... stră... nepoții noștri de atunci vor observa o deplasare spre albastru a liniilor spectrale),

și aproximativ peste alte 60—70 de miliarde de ani (după începerea contracției) va avea loc Marea Ciocnire. Galaxiile, stelele, atomii, nucleele «vor fi puse în creuzet», se vor «desface» în părțile lor componente.

*Ca pleava... Cerul cu sorii lui decade,
Tirind cu sine timpul cu miile-i decade,
Se-nmormintează-n chaos fără de fine,
Căzind negre și stinse surpatele lumine.*

«Mureșanu»

Universul din nou trece prin starea de singularitate, din nou revine la «era haosului».

*Din chaos Doamne-am apărut
Și m-aș întoarce-n chaos...
Și din repaos m-am născut,
Mi-e sete de repaos.*

«Luceafărul»

În răstimpul cît materia Universului «este pusă în creuzet» și este distrusă toată informația despre perioada precedentă, adică în timpul cît Universul «se spală» de entropie, nu se mai poate de vorbit de «săgeata timpului». Vorba poetului:

Și, în chaosul uitării, oricum orele alerge.

«Scrisoarea V»

Cu alte cuvinte, în epoca haosului nu se mai poate de operat cu noțiunile «mai înainte», «mai târziu».

*Nu era azi, nici mine, nici ieri, nici totdeauna,
Căci unul erau toate și totul era una.*

«Rugăciunea unui dac»

Dacă contracția va fi viitorul, tot ce e posibil că acesta a fost și trecutul. Aceasta ar însemna că Universul «pulsează în timp» — se extinde și se contrage asemenea unui acordeon, nici că-i pasă de noi. Un ciclu fără de sfîrșit de expansiuni și contracțiuni se întrevăd în trecutul și viitorul Universului.

*Viitorul un trecut mi-i pe care-l văd întors.
Același șir de patimi s-a tors și s-a retors,
De minile uscate a vremii-mbătrînite...
Și clare-s pentru mine enigmele-nclăcite...*

«Mureșanu»

Mărimea densității ρ determină și ce fel de Univers avem — finit (închis) sau infinit (deschis). În cazul cînd $\rho > \rho_c$, Universul este închis și în același timp nelimitat (cum este, de exemplu, sfera, suprafața ei este finită, dar nelimitată). O rază de lumină emisă în spațiu, după timpi îndelungați, «ocolind lumea», se va întoarce de unde a pornit, (asemenea corabiei lui Magelan, care a făcut ocolul Pămîntului). Ce-i drept, acest timp «de ocolire» e mai mare decît vîrsta Universului, așa că nu-i nici o speranță ca cineva să-și vadă cîndva ceafa fără oglindă.

Dacă $\rho < \rho_c$, Universul este infinit (deschis). O rază de lumină emisă niciodată nu se va întoarce de unde a pornit.

Astăzi densitatea substanței în Univers este evaluată la $3 \cdot 10^{-31}$ g/cm³ — de vreo zece ori mai mică ca cea critică. Dar savanții bănuiesc că în Univers mai există materie sub o formă latentă, neobservată încă, poate sub formă de neutrini.

Mult timp se credea că neutrinel este o particulă fără masă de repaus. Experiențele efectuate în laboratorul experimentatorului rus V. A. Liubimov de la Institutul de Fizică Teoretică și Experimentală din Moscova, precum și în alte laboratoare din lume, par să indice că neutrinii posedă totuși masă, deși mică. Dat fiind, însă, că în fiecare centimetru cub de spațiu există pînă la o mie de neutrini, apoi pe seama lor poate să revină o masă, care cu mult o depășește pe cea vizibilă. Dacă lucrurile stau astfel, atunci se va da preponderență modelului de Univers pulsant în timp.

Să revenim la «starea de refugiu» a Universului.

Desigur, starea materiei care exista la începutul expansiunii nu poate fi reprodusă în incinta laboratoarelor și, deci, savanții nu pot să modeleze evoluția Universului în condiții de laborator. Unica ieșire din situație e să se creeze un model teoretic al Universului bazat pe fapte și pe cele mai noi realizări ale fizicii, în primul rînd ale fizicii particulelor elementare și ale astrofizicii. Modelul trebuie să fie logic, să nu conțină contradicții interne, să aibă la baza sa cît mai puține «ipoteze de lucru» și să ex-

plice toate observațiile astronomilor și fizicienilor în mod unitar.

Geniul poetic, neavînd fantezia limitată de legile fizicii, a scris «scenariul» Universului cu mult înaintea fizicienilor.

*La-inceput, pe cînd ființă nu era, nici neîființă,
Pe cînd totul era lipsă de viață și voință,
Cînd nu s-ascundea nimica, deși tot era ascuns...
Cînd pătruns de sine însuși odihnea cel nepătruns.
Fu prăpastie? genune? Fu noian întins de apă?
N-a fost lume pricepută și nici minte s-o priceapă,
Căci era un întineric ca o mare fără-o rază,
Dar nici de văzut nu fusesse și nici ochiu care s-o vază.
Umbra celor nefăcute nu-ncepuse-a se desface,
Și în sine împăcată stăpînea eterna pace!...
Dar deodată-un punct se mișcă... cel întii și singur.*

Întă-l

*Cum din chaos face mumă, iară el devine Tatăl...
Punctu-acela de mișcare, mult mai slab ca boaba spumei,
E stăpinul fără margini peste marginile lumii...*

*De-atunci negura eternă se desface în fășii,
De-atunci răsare lumea, lună, soare și stihii...
De atunci și pînă astăzi colonii de lumi pierdute
Vin din sure văi de chaos pe cărări necunoscute
Și în roiuri luminoase izvorînd din înfinit,
Sunt atrase în viață de un dor nemărginit.*

«Scrisoarea I»

«Punctu-acela de mișcare, mult mai slab ca boaba spumei», care avea o densitate a materiei nemai-pomenit de mare, a fost «punctul de singularitate» al Universului, de la care acesta a pornit viața sa în expansiune. Este de folos să reținem, că încă Avicenna (980—1037) considera că dimensiunile Universului se schimbă cu timpul. Lumea a luat naștere dintr-un punct, punctul a evoluat într-o linie, linia — într-un plan, planul — într-un corp tridimensional.

Reieșind din modelul teoretic, în evoluția Universului pot fi distinse următoarele etape: era haosului, era quarcurilor și leptonilor, era hadronilor, era radiațiilor și era substanței. Fiecare din aceste denumiri se trage de la forma de existență a materiei, care «dădea tonul» în viața Universului în perioada respectivă. Ce-i drept, aceste ere-fișii se intersectează și e greu de a face o distincție clară între ele.

O istorie a evoluției Universului mai mult sau mai puțin plauzibilă cuprinde perioada de timp, începînd cu ziua de azi și terminînd cu momentul $t=10^{-43}$ s. Lipsa unor teorii adecvate ale vidului fizic și ale gravitației cuantice nu permite savanților să scrie cu aceeași siguranță filele legate de timpul rămas. Aici rămîn încă multe lucruri neclare. Puțin probabil ca noțiunea de timp cu care sîntem obișnuiți să mai fie valabilă pentru $t \approx 10^{-43}$ s.

Fizicienii sînt de părere că spațiul și timpul sînt «parcelate» (cuantificate) la fel ca și lumina. Dacă ne-am închipui Universul nostru de azi redus la dimensiunile unui fir de praf și toate cele din el micșorate tot de atîtea ori, atunci în această lume microscopică firul nostru de colb ar avea dimensiunea de 10^{-33} cm, dimensiunea unei cuante de spațiu. O asemenea distanță lumina o parcurge în 10^{-43} s — într-o cuantă de timp.

La drept vorbind, legile fizicii cunoscute azi nu pot fi folosite în cazul aflării materiei într-o asemenea stare. Acest lucru se referă și la noțiuni. Fizicienii sînt de părere că în vremea aflării Universului în stare de singularitate timpul nu poate fi privit ca un flux continuu, ci mai degrabă ca un conglomerat de particule mici de timp, de «cuante de timp», la fel cum nisipul ce se scurge din nisiparniță privit de aproape nu se mai vede ca un flux continuu, ci ca o mulțime de mici firicele. Astfel problema singularității Universului «i-a impus» pe fizicieni să cuantifice («să parceleze») spațiul și timpul, să măsoare spațiul și timpul «după nou cîntar».

Odată ce timpul e cuantificat, ca și lumina, nu este exclus faptul ca în cadrul unei noi teorii cuantice a cîmpului scurgerea timpului să fie descrisă cu ajutorul unei «funcții de undă», la fel cum e descrisă mișcarea electronului în atom. Și atunci nu ne rămîne altceva decît să așteptăm să apară pe paginile publicațiilor de specialitate și noțiunea de «undă de timp», noțiune pe care în prezent o întîlnim numai la Eminescu.

*Cîntarea? Cea mai naltă și cea mai îndrăzneală
Nu e decît răsuneț la vocea cea măreață*

*A undelor teribili, înalte, zgomotoase
A unui riu, ce nu-l vezi. — Sunt undele de timp
Ce viitoru-aduce, spre-a le minan-n trecut.*

«Andrei Mureșanu»

Menționăm aici că valorile cuantelor de spațiu și de timp au fost obținute cu ajutorul a trei constante fizice universale, ce caracterizează gravitația (constanta lui Cavendish G), teoria cuantică ($\hbar$) și teoria relativității (c). Cu ajutorul acestor constante pot fi alcătuite următoarele «mărimi planckiene»: lungimea $l_{pl} = (C\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$ cm, timpul $t_{pl} = (G\hbar/c^5) \approx 10^{-43}$ s, masa $m_{pl} = (\hbar c/G)^{1/2} \approx 10^{-5}$ g și densitatea $\rho_{pl} = (c^5/\hbar G^2) \approx 10^{94}$ g/cm³.

Existența noastră este determinată de mărimea acestor constante universale (o concluzie a așa-numitului «principiu antropic»). O mică schimbare a valorilor lor duce la schimbări radicale în structura fizică a universului. În alte universuri aceste constante pot fi altele și acolo evoluția materiei poate decurge după alte scenarii — fără formarea nucleelor de deuteriu și heliu, fără formarea atomilor, galaxiilor (aici mai adăugăm că atomii, galaxiile... pot să se formeze numai într-un spațiu tridimensional), fără explozii de supernove... și multe altele «atribute» necesare apariției vieții, adică evenimentele acolo evoluează fără martori oculari. Iată de ce poetul zice:

În orice om o lume își face încercarea.

«Împărat și proletar»

Constantele universale își «primesc» valorile lor în procesul formării universului, «ieșirii lui din haos». Tot atunci se «stabilește» și spectrul maselor particulelor elementare. Toate mărimile fundamentale necesare formării unor structuri complexe ale universului (cum ar fi cea a Universului nostru) nu sînt decît niște fluctuații (abateri) în șirul de mărimi similare.

Dacă timpul este cuantificat, atunci pentru timpi de ordinul 10^{-43} s nu se mai poate de urmărit evoluția Universului în timp: nu există «mai devreme», «mai tîrziu». Într-o asemenea situație întrebarea

poate fi pusă ceva mai altminterlea: ce prezenta Universul în momentul 10^{-43} s și cum a apărut el?

Astăzi învățații sînt tot mai mult tentați să creadă că Universul nostru a apărut ca rezultat al unei perturbații a continuumului infinit pe nume spațiu-timp — un gen deosebit al vidului (vacuumului) fizic. Teoreticianul englez Stiven Hawking (n. 1924) își imaginează acest continuum ca o «spumă» (de altfel termen folosit încă de Eminescu) de mini-găuri negre primordiale.

*Zidim într-o clipă din spume
O lume.*

«Mureșanu»

Fiecare punct al continuumului poate spontan (de la sine) să se transforme într-o minigaură neagră cu masa de 10^{-5} g (planckeon). Minigaura neagră, la rîndul ei, într-un timp de 10^{-43} s se evaporă și devine ceea ce a fost spațiu-timp. În acest continuum pot avea loc, însă, și anumite perturbări, care pot duce la anumite transformări de fază ale vacuumului fizic în acel loc, asemănătoare apariției bulelor cu vaporii în apa care fierbe. (Universul nostru poate fi privit ca o «bulă» apărută în vidul fizic). Transformarea de fază a vidului fizic este însoțită de o degajare puternică de energie. Energia degajată este «cheltuită» pentru crearea de particule și dilatarea «bulei» — universului. Conform unui model teoretic de Univers, bazat pe teoria cosmologică a savantului olandez Willem de Sitter (1872—1932), porțiunea de vid fizic perturbată, grație proprietăților deosebite ale vidului fizic (forțele gravitaționale ale vidului fizic sînt forțe de respingere), începe să se «umfle» brusc după o lege exponențială. (Modelul inflaționist de Univers, dezvoltat de astrofizicienii Guth (american), Linde și Starobinski (ruși), vine să înlocuiască modelul fridmanian pentru $t < 10^{-35}$ s, și să ne demonstreze că înainte de acest timp diferitele părți ale Universului erau legate causal.) Procesele care s-au petrecut în momentul «convulsiei» de fază au determinat univoc evoluția de mai departe a lumii înconjurătoare cu galaxiile, sistemele solare, planetele ei... în ultimă instanță și cu viața. Se crede că galaxiile, stelele... și altele

structuri ale materiei sînt un rezultat logic al dezvoltării neomogenităților vidului fizic, apărute în momentul transformării de fază.

După ce Universul «și-a luat o cuantă de timp» — 10^{-43} s, el avea dimensiunea de 10^{-33} cm, densitatea neînchipuit de mare — 10^{94} g/cm³ (amintim că densitatea materiei nucleare este de numai 10^{14} g/cm³, iar a apei — de... 1 g/cm³).

In aceste atome de spațiu și timp, cît înfinit.

«Sărmanul Dionis»

Temperatura materiei din Univers era excesiv de înaltă, $T \approx 10^{32}$ K (modelul fierbinte al Universului — modelul lui Fridman modificat — propus pentru prima dată de Gamow în 1948). La o asemenea temperatură și densitate starea materiei depindea numai de condițiile care existau în acel moment (densitatea, temperatura...) și nu de cele, care au existat mai înainte. Lumea noastră se prezenta atunci ca un «pireu cosmic» de quarcuri și leptoni. În mai puțin de o milionime de secundă quarcurile au fost «întemnițate» în hadroni. Pireul fiind alcătuit de acum din particule mai obișnuite pentru noi — hadroni și leptoni. Toate tipurile de particule, inclusiv și fotonii, intrau într-un «mod democratic» în componența pireului cosmic și luau cea mai activă parte la «viața obștească» a Universului. Particulele din pireu se aflau între ele într-un echilibru termodinamic. Temperatura excesiv de înaltă permitea generarea oricăror particule, oricît de masive ar fi fost ele ($m = k_0 T/c^2$). Temperatura foarte ridicată a Universului, alcătuit din particule încărcate aflate în perpetuă mișcare, presupunea, de asemenea, și existența în el a unui număr foarte mare de fotoni energici. Dar ultimii, după cum este știut, distrug foarte efectiv nucleele de deuteriu, care ușor se formează la asemenea temperaturi, ceea ce înseamnă că în primele fracțiuni de secundă de existență a Universului n-a fost posibilă formarea nucleelor atomice.

După Marea Explozie (așa a numit Gamow «ieșirea» lumii din Haos) Universul începe să se

extindă, densitatea materiei în el — să scadă. Între timpul scurs și densitate există o strînsă corelație.

Este cunoscut faptul că un gaz la dilatare, își micșorează temperatura. La fel se întîmplă și cu Universul în expansiune, el își micșorează temperatura în dependență de timpul scurs de la Marea Explozie. Iată de ce adesea pentru a descrie evoluția Universului drept «ornic» este folosită temperatura lui. Temperatura mai vorbește și despre rolul interacțiunilor și al diferitelor tipuri de particule elementare în perioada respectivă de evoluție.

Cînd temperatura era de 10^{32} K, particulele din pireul cosmic aveau o energie atît de mare, încît puteau să se apropie una de alta pînă la distanțe de ordinul 10^{-33} cm. La asemenea distanțe toate cele patru interacțiuni: tare, electromagnetică, slabă și gravitațională aveau aceeași intensitate. (La acea etapă a evoluției caracteristicile Universului erau determinate de toate cele 4 interacțiuni, nu numai de cea gravitațională.) La temperatura de 10^{28} K interacțiunea gravitațională nu mai putea de acum concura cu celelalte trei, care rămîneau încă egale în intensitate. La temperaturi de 10^{15} K interacțiunile slabe și electromagnetice aveau încă aceeași intensitate, dar erau mai puțin puternice decît cele tari. La temperaturi mai joase a avut loc diferențierea și a ultimelor două tipuri de interacțiuni. Astfel cosmologia devine o modalitate de a verifica teoria unificată a interacțiunilor.

În acord cu principiul de unitate și simetrie a naturii, trebuie admis că la început Universul era simetric din punctul de vedere al existenței particulelor și antiparticulelor din el, cu alte cuvinte, conținea materie și antimaterie în cantități egale. Atunci cum se explică asimetria dintre materie și antimaterie, care se observă în natură?

Pe Pămînt antimaterie (antisubstanță) nu există. Dovadă? Existăm noi. Aceasta ține de așa-numitul principiu antropic — existența omului fiind determinată de anumite condiții în spațiu și în timp. Nu conține antimaterie nici Luna — astronauții vizitînd-o nu s-au anihilat. Nimic nu li s-a întîmplat nici sondelor spațiale, care au vizitat planetele Mar-

te, Venus. Aceste constatări permit să se conchidă că Universul constă din materie, nu și din antimaterie. Dar cine poate garanta că undeva departe în spațiul rece al lumii noastre nu există antiplanete, antistele, antigalaxii?

În principiu existența antimateriei la scară astronomică ar putea fi depistată cu ajutorul telescoapelor neutrinice. Neutrinii, spre deosebire de fotoni, disting lumea de antilume. În reacțiile nucleare de fuziune a nucleelor ușoare în nuclee mai grele din centrul stelelor se emit, în deosebi, neutrini, pe cînd în reacțiile din antistele—antineutrini. (Fotonii emiși de stele și antistele sînt identici.)

Savantilor le vine, însă, greu să explice cum ar fi putut materia să se separe de antimaterie. Împreună, e clar, ele nu pot să se afle—se anihilează. Numai fiind departe una de alta, ele pot exista concomitent. Dacă separarea ar fi avut loc într-adevăr, în Univers trebuia numaidecît să existe zone de confluență a galaxiilor cu antigalaxiile și atunci, grație anihilării lor violente din acele zone ar sosi spre noi avalanșe de fotoni foarte energici. Asemenea zone pe cer, însă, n-au fost depistate încăieri.

Astfel, savanții s-au văzut nevoiți să admită că după o infimă fracțiune de secundă de la Marea Explozie în sînul Universului s-a produs ceva, ce a dus la un dezechilibru între cantitatea de materie și antimaterie. Se presupune că vinovați de acest dezechilibru sînt bosonii colorați (leptoquarcurile X, Y), idee sugerată inițial de academicianul Saharov.

Pînă la momentul $t=10^{-35}$ s, cînd temperatura era mai mare de 10^{28} K, interacțiunile slabe erau la fel de intense ca cele nucleare, Universul conținea particule și antiparticule în cantități egale. Sarcinile barionică și leptonică ale întregului Univers erau nule: numărul de barioni era egal cu numărul de antibarioni, iar cel de leptoni — cu cel de antileptoni. Toate tipurile de particule elementare, pe care le cunoaștem astăzi, se aflau în perpetuă transformare, se nașteau și se anihilau cu aceeași intensitate în «creuzetul» fierbinte al Universului. Același lucru se întîmpla și cu leptoquarcurile X, Y . Cu scăderea temperaturii mai jos de 10^{28} K energia parti-

culelor din pireul cosmic ($E \approx k_0 T$) a devenit mai mică decît energia de repaus a leptoquarcurilor ($E_0 = m_{X, Y} c^2$). Ca rezultat, bosonii colorați X, Y nu mai puteau fi generați. Reacțiile cu participarea leptoquarcurilor și antileptoquarcurilor decurgeau într-un ritm mai lent ca cel al expansiunii Universului. Bosonii și antibosonii colorați nu se anihilau sau dezintegrau cu aceeași rapiditate ca mai înainte (cînd temperatura era mai mare de 10^{28} K). Ca urmare, concentrația lor a rămas mai mare decît ar fi trebuit să o aibă, reieșind din echilibrul termodinamic.

Ceva mai tîrziu, sub influența interacțiunilor slabe, leptoquarcurile și antileptoquarcurile s-au dezintegrat în particule mai ușoare. Dat fiind că interacțiunile slabe nu sînt invariante față de operația CP (conjugare de sarcină și reflexie spațială), dezintegrarea antileptoquarcurilor în particule mai ușoare a decurs după scheme diferite (nesimetrice) de cele ale leptoquarcurilor. Astfel, după ce s-au dezintegrat toți bosonii și antibosonii colorați în Univers la fiecare miliard de antibarioni revenea de acum un miliard plus unu de barioni. Din acest moment sarcina barionică a Universului devine pozitivă și predomină substanța.

Cu scăderea temperaturii, tot mai greu și mai greu se nașteau barionii cu masă mare și atunci, prin anihilare cu antibarionii lor sau prin dezintegrări în barioni mai ușori, ei au părăsit «scena politică» a Universului. Au dispărut rînd pe rînd toți barionii mai grei pînă a ajuns și rîndul protonilor. În lipsa leptoquarcurilor ei n-au putut să se transforme în particule mai ușoare (nu le-a permis legea conservării numărului barionic), astfel că lor nu le-a rămas altceva decît să se anihileze cu antiparticulele proprii — cu antiprotonii. S-au anihilat toți protonii în afară de acei «plus unu» — rezultați din dezbilanța barionilor (nu le-au ajuns antiprotoni). Și foarte bine, căci dacă le ajungeau, noi azi nu mai existam. Universul ar fi fost un ocean de fotoni, neutrini și gravitoni.

Dar așa la fiecare aproximativ un miliard de fo-

toni revine o particulă nucleară (proton, neutron) — o caracteristică foarte însemnată a Universului.

*La vo piatră ce însemnă a istoriei hotară,
Unde lumea în căi nouă, după nou cîntar măsoară —
Acolo îmi place roata cîte-o clipă s-o opresc!*

«Memento mori»

«Piatră de hotar» a timpului în Univers este și momentul $t=0,3$ s, de la începutul expansiunii. Temperatura și densitatea pireului cosmic de particule scăzuseră într-atît ($T < 10^{10}$ K), încît neutrinii au încetat de a mai interacționa cu materia din pireu. Universul a devenit pentru ei străveziu. Neutrinii, este vorba despre cei electronici, scapă de «șerbia» materiei. Liberi, ei și astăzi plutesc ca adevărate dhuri prin Univers.

De atunci neutrinii nu se mai află în echilibru termodinamic cu celelalte particule, contribuind prin energia lor numai la câmpul gravitațional al Universului. Cu expansiunea de mai departe a Universului, neutrinii și-au micșorat energia și conform calculelor, ei trebuie să posede astăzi o energie ce corespunde unei temperaturi de 2 K.

Mare este dorința savanților să detecteze acest fond de neutrini «suprafosili». Mulțumită proprietăților lor de a interacționa foarte slab cu substanța, ei și-au păstrat intactă informația pe care au obținut-o în timpul nașterii lor, la sfîrșitul primei treimi de secundă de existență a Universului. Dacă acești neutrini ar fi «prinși», savanții ar avea dreptul să spună: «am primit un mesaj din imediata apropiere a orizontului de vedere al lumii». Mesaj dintr-o zonă și mai apropiată de orizont s-ar primi, dacă ar putea fi detectați neutrinii miuonici (ν_μ), deveniți «liberi» și mai înainte, în momentul $t=0,01$ s. Iar dacă s-ar detecta neutrinii tau-leptonici (ν_τ) apoi... s-ar realiza un vis plăcut al astrofizicienilor. Neutrinii, «hoții de energie» de cîndva, ar deveni adevărați cronicari ai timpurilor demult apuse ale Universului. În această privință cu ei ar putea concura numai gravitonii (astăzi încă ipotetici), care ar derula cadrul evoluției Universului nostru pînă la momentul $t=10^{-43}$ s, ultimii însă,

n-ar putea distinge materia de antimaterie, lucru numai pe puterea neutrinelor. Gravitonii ar permite «să se vadă» ultimele obiecte din Univers, care în principiu pot fi «văzute», maximum la ce pot spera astăzi savanții.

Problema detectării neutrinelor remanente nu-i rezolvată, dar se lucrează mult în această direcție. Se poate spune cu certitudine că a luat naștere o nouă ramură a astronomiei — astronomia neutrinică.

Pentru reținerea particulelor-fantomă au fost create și se creează «capcane» speciale, numite telescoape neutrinice, deși ele deloc nu se aseamănă cu telescoapele obișnuite. Ca să se excludă fenomenele provocate de alte particule cosmice, care au o putere de pătrundere mult mai mică ca a neutrinelor, telescoapele se situează la mii de metri adîncime sub pămînt. Un asemenea telescop se află în inima munților Caucaz, în defileul Baksan.

Astronomia neutrinică și-a înscris deja și primele succese — au fost înregistrați neutrini ce vin de la Soare, de la supernova din 1989. Pe viitor există și unele proiecte mai «pămîntești». Cînd s-a dat în exploatare telescopul neutrinic de la Baksan, academicianul Moisei Alexandrovici Markov a enunțat o idee pe cît de originală, pe atît de neobișnuită. Să se îndrepte un fascicul de neutrini de la ciclotronul din Brookhaven, S.U.A., spre telescopul neutrinic de la Baksan și «de dat» astfel «la raze»... «inimă» Pămîntului.

Ideea a fost binevenită, de îndată și-a găsit adepți, care au dezvoltat-o pînă la proiecte detaliate.

Neutrinii au părăsit materia, dar leptonii mai ușori (miuonii, electronii), cît și fotonii continuau, însă, să se nască și să se anihileze. Undeva pe la sfîrșitul primelor 10 secunde, în urma extinderii Universului, temperatura scade sub 5 miliarde de grade. Electronii și pozitronii nu mai puteau să fie generați. Cei aflați «în viață» în cel mult 100 s s-au anihilat. Energia lor de anihilare a mărit cu aproximativ 40% energia (deci și temperatura) fotonilor din Univers.

Neutrinii, care practic nu interacționează cu substanța, n-au primit nimic din această energie de

anihilare, din care cauză temperatura lor trebuie să alcătuiască numai vreo 70% din cea a fotonilor.

Aici trebuie de admis că între electroni și pozitroni, la fel, exista o asimetrie de un miliard plus unu la un miliard. Astfel, că după anihilarea celor mai ușori leptoni (e^- , e^+) au rămas toți acei «plus unu» electroni. În caz contrar n-ar putea fi înțeleasă balanța de sarcini (pozitive și negative) din natură.

Dacă, de exemplu, în Univers ar fi existat o disbalanță între sarcinile pozitive și cele negative de numai 1 la 10^{36} (adică la 10^{36} particule de un semn ar reveni 10^{36} plus 1 particule de alt semn), atunci forțele electrice dintre Soare și Pământ le-ar depăși pe cele gravitaționale. Deoarece acest lucru nu are loc, înseamnă că sarcina totală a Soarelui, și prin urmare și a Universului, este nulă. De aici se poate conchide că la sfârșitul primelor minute de evoluție a lumii noastre între leptoni și antileptoni s-a stabilit aceeași asimetrie ca și între barioni și antibarioni.

Cînd temperatura «pireului» cosmic era de aproximativ un miliard de grade, a devenit efectiv procesul de sinteză a nucleelor de deuteriu și de heliu. Protonii și neutronii din «pireu» erau încă destul de energici, ca să se poată apropia la distanțe foarte mici unul de altul și să fuzioneze — să se contopească în nuclee. În același timp fotonii nu aveau de acum destulă energie, ca să se opună procesului de fuziune. Procesul de sinteză a nucleelor elementelor ușoare în Univers se termină undeva la finele minutului 5 de la începutul expansiunii. Reieșind din valoarea temperaturii și a densității materiei de atunci și ținînd cont de intensitatea cu care decurg procesele de fuziune în reacțiile termonucleare, astrofizicienii au conchis că la sfârșitul minutului 5, între cantitatea de hidrogen și de heliu din Univers s-a stabilit următoarea proporție — 75:25. Rezultatul este confirmat de datele analizei spectrale a stelelor. Raportul dintre numărul de nuclee de hidrogen și de heliu observat astăzi în Univers este practic acela pe care l-a avut lumea noastră atunci. Nucleele mai grele, care alcătuiesc astăzi mai

puțin de 2% din masa Universului, n-au putut să se formeze în acea perioadă din cauza fotonilor încă energici și în număr foarte mare. Ele s-au format mult mai târziu, în era substanței, în timpul exploziilor stelelor din prima generație.

Această corelare a modelului teoretic cu datele experimentale vorbește despre faptul că savanții înțeleg destul de bine, ce prezenta Universul în primele sale minute de existență.

Extinderea actuală a Universului, dovedită atât teoretic, cît și experimental este un indice sigur al scurgerii timpului, un indice al «săgeții timpului». Dacă «săgeata timpului» ar avea direcția opusă celei de azi, apoi în loc de extindere am fi avut contracție, în loc de cer nocturn întunecat — un cer luminos.

Despre aceeași «săgeată a timpului» vorbește și răspîndirea elementelor chimice în Univers: cu cît masa atomilor e mai mare cu atît elementele sînt mai puțin răspîndite în natură. Aceasta înseamnă că la început în Univers nu existau elemente, dar că în el funcționează un mecanism care sintetizează elementele mai grele din elemente mai ușoare. Lucrul acestei «uzine cosmice» de fabricare a elementelor și este indicele existenței «săgeții timpului» în Univers.

Asimetria timpului nu e căutată în structura lui proprie, ci în constituția Universului care, grație extinderii lui, urmată de creșterea entropiei, determină o consecutivitate asimetrică în timp a evenimentelor din Univers la o ordine neschimbată a timpului.

Cînd Universul era ceață sură?..

«Fata-n grădina de aur»

Aproximativ după un milion de ani de expansiune (bineînțeles că pe atunci Soarele nostru nu exista, «arșinul» «an» este măsura cea de astăzi), Universul s-a răcit pînă la temperatura de aproximativ 4000 K. Fotonii din el, destul de reci și cu o densitate deja mică, de acum nu mai puteau să se opună «cununiei» nucleelor de hidrogen și de heliu cu electronii, astfel că încep să se formeze atomii.

Atomii din punct de vedere electric sînt neutri, din care cauză interacțiunea fotonilor cu ei, la temperaturi mai joase de 4000 K, este atît de slabă, încît se poate spune că din acest moment radiația electromagnetică s-a desprins de substanță și a început să ducă un mod de viață independent.

O rază fugită din chaos lumesc.

«Mortua est»

De atunci această radiație, numită de Șklovski relictă, este un martor pasiv al evoluției Universului.

Din momentul cînd fotonii s-au desprins de substanță, temperatura lor nu mai este determinată de cea a substanței, ci numai de temperatura pe care au avut-o în momentul ruperii (4000 K). Dat fiind că radiația relictă s-a dilatat împreună cu întreg Universul, gazul de fotoni remanenți s-a răcit în permanență, energia medie ce revine unui foton s-a micșorat cu timpul. În consecință lungimea de undă a radiațiilor «fugite din haosul lumesc» a crescut proporțional cu dimensiunile Universului.

În anul 1964 doi tineri astrofizicieni americani Arno Penzias (n. 1933) și Robert Wilson (n. 1936) au luat în primire un radiotelescop, ce-și îndeplinise misiunea destinată de a ține legătura cu un satelit special, adaptîndu-l la condiții de cercetare a obiectelor cerești. După ce au modernizat aparatul, corespunzător noilor destinații, astronomii au încercat să determine atît «zgomotul» înregistrat de radiotelescop, cît și sursele acestui zgomot. Împreună cu efectele parazitare provocate de atmosferă, nori și alte surse cunoscute, ei au mai înregistrat un «radiozgomot», ce echivala cu iradierea unui corp negru, cu temperatura de aproximativ 3 K. Cei doi astronomi au început cu insistență să caute sursa acestui «zgomot».

La început a fost bănuît radiotelescopul, dar testurile la care a fost supus au demonstrat că aparatul lucrează fără cusur. Cercetătorii au îndreptat apoi radiotelescopul spre marile orașe din vecinătate, dar nici ele nu s-au aflat a fi sursa zgomotului. Astronomii deveniseră foarte susceptibili, bănuind

orice, chiar și o pereche de porumbei, ce sălășluiau în antena aparatului. În cele din urmă, porumbeii au fost prinși și supuși unui «domiciliu forțat», dar nici acest lucru n-a elucidat problema. În orice direcție a cerului ar fi îndreptat ei radiotelescopul, zgomotul cosmic era înregistrat mereu — ziua, noaptea, vara, iarna.

Necazurile celor doi astronomi au ajuns pînă la urechea teoreticianului Phillip Peebles, preocupat de problema evoluției Universului. Teoreticianul de îndată a înțeles că Penzias și Wilson au descoperit radiațiile relicte.

Astfel a fost obținută radioimaginea Universului la vîrsta lui «fragedă» de aproximativ un milion de ani. Valoarea acestei descoperiri a fost atestată cu premiul Nobel, decernat celor doi tineri astronomi. Ulterior existența radiațiilor relicte cu o temperatură echivalentă de 2,9 K a fost confirmată și de alți astronomi.

Datele obținute pînă în prezent de toți cercetătorii vorbesc de faptul că radiațiile relicte vin din toate părțile Universului cu aceeași intensitate. De aici savanții au tras concluzia că nu numai la ora actuală Universul e izotrop și omogen, ci așa a fost și cînd avea vîrsta de un milion de ani.

*Rîul sînt ni povestește cu-ale undelor lui gure
De-a izvorului său taină, despre vremi apuse, sure.*

«Memento mori»

Concentrația fotonilor «fosili», detectați de astronomi, este de aproximativ 500 la fiecare centimetru cub de spațiu. Adică la fiecare particulă nucleară (proton, neutron) din Univers revine aproape un miliard de fotoni remanenți, ceea ce prezicea și teoria.

Astfel s-a mai verificat o verigă a lanțului logic al modelului teoretic de Univers.

După ce razele au «fugit din haosul lumesc», raportul dintre numărul de particule nucleare și fotoni a rămas în permanență același — unu la un miliard. Dat fiind că Universul se extinde, crește lungimea de undă a fotonilor remanenți, prin urmare se micșorează frecvența ($\nu = c/\lambda$) și energia

($E=h\nu$) lor. Dacă înainte de a atinge temperatura de 4000 K energia Universului, în marea ei măsură, se afla înmagazinată în radiații, apoi trecînd de acest hotar al temperaturii, energia înmagazinată în masa particulelor nucleare prevalează tot mai mult față de energia radiațiilor, din care cauză era ce urmează după primul milion de ani (era ce continuă și astăzi) se numește era substanței. În această eră radiațiile se răspîndesc în Univers, iar particulele materiale sub acțiunea forțelor de gravitație încep să se condenseze în galaxii și stele.

Procesul de formare a galaxiilor și stelelor din materia difuză a Universului nu este prea clar. Se crede că aceste structuri ale Lumii noastre se datorează neomogenităților apărute în vidul fizic în momentul «convulsiei de fază». Acele neomogenități, caracterizate printr-o abatere a densității materiei de la densitatea medie aveau o structură ierarhizată — o neomogenitate conținea în sine alte neomogenități mai mici, fiind în același timp singură o componentă a unei neomogenități mai mari. Acest lucru pare să fi determinat structura la scară mare a Universului de azi. Cu alte cuvinte, savanții bănuiesc că în timpul Marii Explozii a existat o organizare subtilă a mișcărilor care a purtat cu sine germeii viitoarelor evenimente, adică în acel moment Universului «i-au fost date genetic» proprietățile lui structurale de mai târziu, inclusiv și apariția omului.

— În fiecare om se-ncearcă spiritul Universului, se opinează din nou, răsare ca o nouă rază din aceeași apă, oarecum un nou asalt spre ceruri.

«Archaeus»

Bineînțeles, că aici nu este vorba de un determinism laplacian, «un trebui rece și neînlăturat», ci de unul subordonat legilor probabilistice ale mecanicii cuantice.

Și praf e universul întreg.

«Andrei Mureșanu»

Regiunile din Univers ce aveau materia puțin mai densă exercitau o anumită forță de atracție gravitațională asupra substanței înconjurătoare.

Atîta timp, însă, cît substanța din Univers era ionizată, această forță era echilibrată de forța presiunii radiațiilor electromagnetice. După ce, însă, s-au format atomii neutri (de hidrogen și de heliu) radiațiile exercitau asupra substanței o presiune cu mult mai slabă, și atunci regiunile de gaz cosmic mai aglomerate deveneau adevărate centre de atracție. Aglomerațiile de praf cosmic atrăgeau spre ele atomii din vecinătate și deveneau centre de atracție și mai puternice. La intervale mari de timp se adunau într-un loc cantități enorme de materie. Cu cît mai mulți atomi se adunau la un loc, cu atît norul de praf cosmic devenea mai dens, cu atît forța de atracție a aglomerației devenea mai puternică, cu atît atomii din vecinătate cădeau spre centru cu o viteză mai mare, cu atît atomii din noua formațiune cosmică se mișcau mai repede și se ciocneau mai des, cu atît gazul din norul cosmic se înfierbînta mai tare. La un moment dat al contracției gravitaționale atomii din aglomerație nu mai puteau să se afle în starea lor fundamentală, deveneau excitați și începeau să emită cuante de lumină. Norul cosmic devenea protostea. Contracția gravitațională continua, temperatura creștea, atomii erau ionizați — «dezghecați» de electronii lor. Corpul ceresc începea să lumineze intens în toate diapazoanele de undă — radiațiile acum erau emise de electronii liberi, nu de atomii excitați. «Ghemotocul» de substanță devenea stea (din prima generație). Steaua continua să se contracteze mai departe, iar temperatura ei să crească. Cînd temperatura atîngea mărimea de 5 miliarde de grade, în centrul stelei începeau reacțiile de sinteză a nucleelor de deuteriu, tritium și heliu, însoțite de o degajare puternică de energie. Odată început în centrul stelei, «incendiul» vine să se opună comprimării de mai departe a astrului. Astrul nu-și mai schimbă dimensiunea.

Procesul de ardere a hidrogenului decurge destul de încet. Trec cîteva miliarde de ani, pînă cînd hidrogenul se transformă în heliu. «Focul» declanșat de hidrogen se stinge, nu mai are cine opune rezistență contracției gravitaționale. Steaua începe din nou a se «strînge». Procesul continuă, pînă cînd

substanța din centrul stelei atinge temperatura de 100 de miliarde de grade. La această temperatură începe să ardă heliul, care se transformă în carbon, fiind însoțit de o degajare puternică de energie. Forța presiunii «focului» nuclear din centrul astrului o depășește pe cea gravitațională, steaua începe a se dilata și continuă dilatarea pînă atinge proporții de gigant. Inima arzătoare a stelei, foarte fierbinte, este înconjurată de o enormă sferă de substanță cu densitatea destul de mică și temperatura destul de scăzută. Astfel că suprafața astrului luminează în culoarea luminii roșii, din care cauză stelei, aflate la etapa dată a evoluției, i se mai spune gigantă roșie.

În centrul astrului ard comparativ repede heliul, carbonul și alte nuclee mai grele, formate în procesul reacțiilor de fuziune, pînă nu rămîn cele mai stabile. Steaua dă «faliment», focul ei se stinge și ea începe să se contracteze, pînă atinge dimensiuni foarte mici — de vreo 9000 km. Steaua se transformă într-o pitică albă, cu o densitate de circa 400 kg/cm³ (un om pe o asemenea stea ar cîntări vreo 150 tone). Trecînd în acest stadiu, steaua își ia drumul spre «cimitir». Dar, dat fiind temperaturii ei destul de înalte, va trebui de așteptat sute de miliarde de ani pînă ea se va răci cu totul și se va transforma într-o pitică neagră — un corp ceresc mic, întunecat și fără viață.

Dar nu pe toate stelele din generația întâia le «paște» soarta de pitică albă. În unele dintre ele (în dependență de masa pe care o posedă), după «scoaterea cuptorului termonuclear din priză», are loc o restructurare bruscă a substanței însoțită de o explozie puternică — se naște o supernovă. O mare parte din substanța stelei este aruncată în spațiul cosmic. Praful stelar, împreună cu praful cosmic primar, este «materialul de construcție» al stelelor din generația a doua, din care face parte și Soarele nostru. Dar de acum în acest material, în afară de hidrogen și heliu, se conțin și elemente mai grele. Stelele din generația întâia au fost «cazanele cosmice» în care s-au «preparat» elementele din care sîntem alcătuiți noi.

*Este un ce măreț în firea noastră,
Dar acel ceva nu din noi răsare.
O moștenim de la Titanul mort,
De la pămînt, în care ne nutrim.*

«Demonism»

La contracția norului de praf cosmic și formarea Soarelui au rămas «mici nourași», care făcîndu-se și ei «ghemotoc» au format planetele. Avînd masă mică, aceste «ghemotocuri» nu s-au încălzit la fel de puternic ca și stelele, ceea ce a favorizat ulterior formarea moleculelor, din care s-au format mai apoi mările, munții, stîncile, riurile, vegetația... în cele din urmă omul — parte minusculă din Univers, dornică de-a cuprinde cu vederea sa Lumea întregă.

Stelele rătăcitoare din spațiu sînt grupate în galaxii — insule stelare. Pe una din aceste insule ale marelui arhipelag numit Metagalaxie — galaxie de galaxii — sau Univers — ne aflăm și noi. Îi zicem acestei insule Galaxie. Dat fiind că este a noastră, pentru a o deosebi de celelalte, o scriem cu literă mare. De altfel, ea are și un nume propriu — Calea Lactee.

Cugetat-ați vre odată noaptea ce-i lumea întinsă?

«Memento mori»

Privind Calea Lactee cu ochiul liber, observăm că ea parcă e formată dintr-o îngrămădire de nori stelari (aglomerații de stele, care uneori pot fi ușor confundați cu norii obișnuiți. Unii nori sînt mai strălucitori — cuprind mai multe stele, iar alții — mai întunecați, deci mai săraci în stele. Cei mai mari nori stelari din Galaxie se află în direcția constelației Săgetătorului, acolo unde Calea Lactee strălucește cel mai puternic. Cei mai slabi nori se găsesc în direcția diametral opusă, unde cerul e mai întunecat. Din aceste observații s-a tras concluzia că Sistemul Solar nu se află în centrul Galaxiei, ce se vede în direcția Săgetătorului.

La începutul secolului nostru — secol al descifrării structurii Galaxiei — au fost observate următoarele fenomene ciudate. Un număr nu prea mare de stele din apropierea Soarelui se mișcă în spațiu

cu o viteză foarte mare — 80 km/s. Celelalte stele din regiunea Soarelui se mișcă cu o viteză de vreo cinci ori mai mică și, ce-i interesant, că o parte dintre ele se deplasează în direcția norilor de stele din regiunea Constelației Săgetătorului, iar altă parte — în direcția opusă, mai săracă în stele, a Căii Lactee.

În anul 1926 astronomul suedez Bertil Linblad (1895—1965) dovedește că aceste fenomene se datorează rotației Galaxiei în jurul unui centru, situat în direcția Săgetătorului. Un an mai târziu astronomul olandez Jan Oort (n. 1900) fundamentează rezultatele lui Linblad și dovedește că vecinii Soarelui se mișcă în jurul unui punct central, asemănător planetelor.

În anii 40 ai secolului nostru renumitul astronom armean Victor Ambarțumian (n. 1908) a emis ipoteza, conform căreia centrele multor galaxii emană cantități enorme de materie. (De altfel, Ambarțumian este și autorul ipotezei formării stelelor prin dezintegrarea explozivă a unor corpuri prestelare hiperdense, de natură necunoscută.) Din păcate, nucleul Galaxiei noastre pe fotografiile obișnuite nu se vede, el fiind ascuns de norii de praf cosmic. Dar prin acești nori pot pătrunde ușor undele radio. Și atunci s-a început recepționarea lor de pe întreaga boltă cerească. În regiunea aglomerațiilor de stele din constelația Săgetătorului au fost descoperite surse puternice de unde radio, ce constituie încă o dovadă că centrul Galaxiei se află anume acolo.

Cele constatate de astronomi până în prezent referitor la structura Galaxiei noastre pot fi rezumate în felul următor: Calea Lactee este o galaxie spirală ca și multe altele, ce populează Universul nostru. Are forma unei lentile (a unui bob de linte) cu diametrul de aproximativ 100 de mii de ani-lumină și grosimea de vreo 10—15 ori mai mică. Galaxia se află într-o continuă mișcare de rotație în jurul centrului propriu (altfel nu și-ar păstra forma de disc.). Dar Calea Lactee nu se învîrte ca o roată, părțile ei se rotesc cu viteze diferite. (De altfel, același lucru se întâmplă și cu planetele Soarelui, care

au diferite perioade de rotație în jurul astrului zilei.)

Una din cele peste 100 de miliarde de stele ale Galaxiei este Soarele, cea mai apropiată stea de noi. Astrul zilei, după cum am mai spus, este o stea din generația a doua, s-a format din praful rămas în urma exploziei unei stele din generația întâia. De mărime medie, el face parte din categoria stelelor pitice galbene.

Soarele se află la circa 30 de mii de ani-lumină depărtare de centrul Galaxiei. Împreună cu stelele din apropierea sa, astrul dător de viață se rotește în jurul centrului galactic cu o viteză amețitoare de 250 km/s. Deși are o viteză atât de mare, el efectuează o rotație deplină în jurul centrului galactic în 250 de milioane de ani. Totodată Soarele se mișcă și față de stelele apropiate cu o viteză de 20 km/s. În aceste «plimbări» prin spațiul rece al Universului astrul zilei nu este singur, ci este însoțit de «suita sa» — planetele, care la rîndul lor, în multe cazuri, au și ele «suite» — sateliții proprii.

Printre planetele vârtejului solar se află și Pământul nostru, care se rotește în jurul Soarelui cu o viteză de 30 km/s. Pământul, a treia planetă de la Soare, se află de la astru la o distanță de aproximativ 150 de milioane de kilometri, — distanță folosită drept unitate astronomică de lungime.

Soarele este un glob de foc format din gaze incandescente. Volumul lui e de aproximativ un milion de ori mai mare decât cel al Pământului. În schimb densitatea medie a substanței pe Soare e de circa 4 ori mai mică decât pe Terra.

Studiul spectroscopic al razelor solare a arătat, că pe astrul zilei se găsesc toate elementele chimice existente pe Pământ (n-au fost depistate doar cele mai grele), ponderea lor descrescînd odată cu creșterea masei atomice a elementelor. Trei pătrimi din masa Soarelui o constituie hidrogenul — o sursă bogată în energie. Căldura și lumina pe care o împrăștie cu mărînimie Soarele este un rezultat al reacțiilor termonucleare de fuziune a nucleelor ușoare în nucleu mai grele, ce au loc în centrul astrului unde temperatura atinge 15 000 000 K. (Dacă lumi-

na și căldura astrului s-ar datora, să zicem, arderii cărbunelui, apoi focul lui nu s-ar putea menține mai mult de 1500 de ani.) În fiecare secundă aproximativ 564 de milioane tone de hidrogen se transformă în heliu, eliminând în același timp o cantitate colosală de energie (cu o masă echivalentă de 4 milioane tone). Din aceste 4 milioane tone pe suprafața Pământului cade doar o părticică — 2 kg. Dar anume datorită acestor 2 kg de lumină (pe secundă) pe Pământ există viață.

Teoria existenței a evoluției Soarelui prezice că aproximativ peste 5 miliarde de ani, ca rezultat al reacțiilor termionucleare de sinteză a elementelor ușoare în elemente mai grele, Soarele va pierde o cantitate considerabilă de hidrogen și de alte elemente ușoare, transformându-se astfel într-un gigant roșu. Diametrul astrului se va mări considerabil, devenind de vreo 250 de ori mai mare decât în prezent, Soarele va înghiți planetele Mercur, Venus, poate și Pământul.

*În prezent cugetătorul nu-și oprește a sa minte,
Ci într-o clipă gîndu-l duce mii de veacuri înainte;
Soarele, ce azi e mîndru, el îl vede trist și roș
Cum se-nchide ca o rană printre nori întunecoși,
Cum planeteii toți îngheață și s-azvîrl rebeli în spaț.*

«Scrisoarea I»

Pe măsură ce Soarele își va epuiza combustibilul nuclear (nu numai hidrogenul, ci și heliul, carbonul, oxigenul ș. a. m. d.), el va începe să se stingă, iar forțele presiunii, apărute ca rezultat al proceselor termice și care au dilatat Soarele pînă la dimensiunea de gigant roșu, vor scădea, devenind mai mici decât forțele de gravitație, îndreptate spre centru. În cele din urmă forțele atracției universale vor câștiga bătălia. Se va produce «o prăbușire» gravitațională. Soarele va începe să colapseze, să se contracte brusc, micșorîndu-și diametrul pînă la o a zecea parte din cel contemporan, devenind astfel o stea pitică albă. Con tracția de mai departe va fi, însă, oprită. Electronii, părțile constituente ale atomilor, vor fi «împachetați» atît de strîns, încît va intra «în joacă» principiul lui Pauli, conform căruia, doi electroni ai unei sisteme cuantice nu pot să se afle în

una și aceeași stare. Acest principiu este responsabil de o presiune, care oprește contracția mai departe a astrului. Pierzînd sursa de energie, Soarele se va răci treptat, devenind în cele din urmă o stea pitică neagră.

Astronomii au înregistrat în Univers și existența gigantelor roșii, și existența piticelor albe, însă, nu toate stelele vor avea destinul Soarelui, căci totul depinde de masa lor inițială.

O stea cu o masă de zece ori mai mare ca a Soarelui, să zicem, va suferi metamorfoza lui numai pînă la momentul cînd devine pitică albă, mai departe situația ei devine instabilă. Stării de instabilitate i se va pune capăt printr-o explozie catastrofală.

În dependență de masa aruncată în spațiu, rămașitele stelei se transformă ori într-o stea pitică albă (dacă masa lor e mai mică de $1,2 M_{\odot}$; $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$ kg — masa Soarelui), ori într-o stea neutronică (dacă masa rămasă după explozie este mai mare de $1,2 M_{\odot}$). Materia stelei neutronice (care are diametrul de numai 10—60 km) este într-atît de densă, încît electronii sînt «cu de-a sila ticsiți» în protoni, astfel că ei împreună suferă o metamorfoză de transformare în neutroni. Steaua va consta numai din neutroni, de unde și denumirea — stea neutronică.

Densitatea materiei unui asemenea corp ceresc este de sute de milioane de tone la centimetru cub. Dacă un om ar păși pe o asemenea stea, forțele gravitaționale ale ei într-o clipită l-ar face turta, o turtă de grosimea unei urme lăsate de o ștampilă pe hîrtie. Asemenea corpuri cerești au fost observate pentru prima dată în anul 1967 sub forma unor stele ce «pulsează» — pulsari. Fenomenul se explică prin faptul că steaua neutronică emite torente de unde electromagnetice în direcția axei sale magnetice, care nu coincide cu cea de rotație. Dat fiind că astrul se rotește, aceste torente de unde, asemenea unui șuvoi de apă dintr-un furtun rotitor, «scaldă» Pământul numai în momentul cînd axa magnetică a stelei este îndreptată spre Terra. Din această cauză astronomii de pe Pământ au depistat

aceste stele ca pe niște surse puternice de unde electromagnetice, intensitatea cărora se schimbă în mod regulat cu timpul. Existența stelelor neutronice fusese prezisă încă în anul 1932 de către Landau și Gamow.

Steaua neutronică constă numai din neutroni. Principiul lui Pauli, aplicat neutronilor, este responsabil de acum de o nouă forță, care se opune contracției de mai departe. Dacă, însă, masa stelei neutronice este mai mare decât $4 M_{\odot}$, apoi nici aceste forțe nu sînt în stare să se opună forțelor cîmpului gravitațional. Con tracția nu mai poate fi oprită. Are loc un colaps gravitațional în urma căruia ia naștere o gaură neagră — un obiect foarte compact, caracterizat printr-o rază gravitațională destul de mică.

Raza gravitațională determină hotarul care separă gaura neagră de restul Universului, hotar ce poate fi trecut doar numai într-o singură direcție — spre interior. Cu cît corpul care colapsează se apropie în dimensiune tot mai mult de raza gravitațională, cu atît spațiul devine mai neeuclidian, iar timpul (pentru un observator exterior) își încetinește mai tare mersul, ca în cele din urmă, cînd astrul atinge «orizontul găurii negre», să se oprească. Regiunea din acest loc, caracterizată printr-o densitate a materiei infinit de mare, este «o gaură în spațiu și în timp». Spațiul și timpul găurii negre, «împletite tainic între ele», se închid în sine. Nu-i exclus faptul că la o asemenea stare a materiei legile fizicii cunoscute astăzi să nu mai fie valabile.

Vom reproduce imaginea fizică a găurii negre, comentată de revista «Uspehi fiziceskih nauk» (v. 118, N 3, 1975): «Din toate pe cîte le-a născocit mintea omenească de la inorogi și himere pînă la bomba cu hidrogen, cel mai fantastic este chipul găurii negre, despărțită de restul lumii printr-o graniță certă, pe care nimic n-o poate trece; găuri cu un cîmp gravitațional atît de puternic, încît din încreștarea lui mortală nu poate scăpa nici chiar lumina; găuri care curbă spațiul și frînează timpul».

*Cerul din rădăcină-nălîndu-se decade,
Tîrînd cu sine timpul cu mijle-i decade,*

*Se-nmormîntează-n chaos întins fără de fine
Zburînd negre și stîns surpatele lumine.*

«Andrei Mureșanu»

Detaliile structurii găurii negre nu pot fi studiate de observator. Orice undă electromagnetică (de lumină, radio, laser ș. a.), trimisă spre ea, este absorbită. În același timp undele electromagnetice ale găurii negre n-o pot părăsi, din care cauză nu se poate obține nici o informație directă despre acest ciudat corp ceresc. Proprietatea cea mai însemnată a găurii negre este cea de atracție gravitațională. Ea se comportă ca un gigant, invizibil, aspirator cosmic, ce absoarbe tot praful interstelar din jur.

*Nu e nimic și totuși e
O sete care-l soarbe,
E un adînc asemenea
Uitării celei oarbe.*

«Luceafărul»

Particulele rătăcitoare din spațiul cosmic, nimerind în raza ei de acțiune, sînt înghițite ca de o beznă. Accelerîndu-se puternic în căderea lor în abisul cosmic, particulele încărcate, totuși, izbutesc să emită un ultim «strigăt» de disperare — o cantă de energie — o radiație Röntgen. În cîteva regiuni ale cerului au fost depistate asemenea surse de radiații. Savanții sînt în așteptarea unor noi date pentru o confirmare mai riguroasă. Conform teoriei relativității a lui Einstein, găurile negre ar trebui să existe.

Marele savant rus Konstantin Eduardovici Tiolkovski (1857—1935), fiind convins că oamenii nu vor trăi veșnic pe Pămînt — «leagănul rațiunii», a alcătuit pentru viitoarele generații un grandios plan de populare a Universului. Oamenii vor părăsi Sistemul Solar înainte de a se stinge astrul zilei. Dar ce se va face cu Pămîntul? Va cădea rece pe Soare? Fantezia omului nu cunoaște hotare. Fizicienii, mai în glumă mai în serios, au adresat un apel generațiilor viitoare: «Voi, viitori oameni, să nu uitați de «leagănul rațiunii» — să-l transformați într-o gaură neagră și să-l luați cu voi, ca o amintire despre locul copilăriei omenirii». Terra transformată într-o

gaură neagră ar avea o mărime de numai 1—6 cm, ceva mai mare decât o pilulă. Eminescu când «plecă» în lume tot nu uită de Pământ, îl transformă într-un mărgăritar și-l anină în salba iubitei:

*El își întinse mîna asupra pămîntului. El se contrase
din ce în ce mai mult și iute, până ce deveni împreună
cu sfera ce-l încongiură, mic ca un mărgăritar albastru
stropit cu stropi de aur și cu-n mez negru.*

«Sărmanul Dionis»

Conform unor speculații teoretice, gaura neagră, invizibilă pentru observatorul extern, ar putea să se trezească din somnul ei letargic și să apară peste un timp oarecare într-o altă parte a Universului sau într-un alt univers, dar de acum într-o altă ipostază — de gaură albă.

Ecuațiile teoriei relativității generalizate sînt simetrice față de inversiunea timpului. Dacă e așa, nu pot, oare, exista găuri cu timpul inversat, în care procesul de colaps se derulează în direcție opusă? Asemenea găuri bogate în lumină ar părea observatorului extern albe. Din singularitatea ei, ca din cornul belșugului, s-ar vărsa materia dornică de viață. Observatorul ar avea impresia că materia se naște din nimic.

*Și din a chaosului văi,
Jur împrejur de sine,
Vedea, ca-n ziua cea de-ntîi,
Cum isvorau lumine.*

«Luceafărul»

Marea Explozie se aseamănă mult cu o gaură albă. La fel și centrele galaxiilor și quasarii — surse puternice de energie. Ce sînt ele?

*Sînt taine-n astă lume atît de neghicite,
De-ai spune viața toată, tot n-ai sfîrși de spus.*

«Codru și salon»

CUPRINSUL

CUVINT INTRODUCATIV
5

ZORII FIZICII
8

RENAȘTEREA FIZICII
34

POVESTEA UNEI RAZE DE LUMINĂ
78

ATOMUL ARE O SOARTA
102

RELATIVITATEA — ȚARA MIRACOLELOR
132

TAINILE LUMII SUBATOMICE
158

LOCUL NOSTRU ÎN SPAȚIU ȘI ÎN TIMP
188